

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E**

**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TESIS**

**“FORMULACION Y CARACTERIZACION DE CERVEZA**

**ARTESANAL TIPO ALE A PARTIR DE LA VAINA DE ALGARROBA**

***(Prosopis pallida)* Y CEBADA MALTEADA *(Hordeum vulgare)*”**

**PRESENTADO POR**

**TÁVARA RAMOS NINO HERNANDO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: BIOTECNOLOGÍA**

**PIURA, PERÚ**

**2018**

Tesis presentada como requisito para optar el título de:

Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias

Asesor:



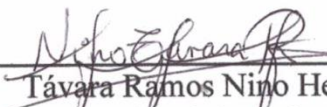
Dr. Julio César Jiménez Chavesta.  
Ing. Industrial

Coasesor:



Msc. Leyva Povis Nelly Luz  
Ing. Agroindustrial

Tesista:



Távara Ramos Nino Hernando  
Bach. ing. agroindustrial e industrias alimentarias

## DECLARACIÓN JURADA

### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo: **TAVARA RAMOS NINO HERNANDO**, identificado con DNI N° **72693958**, egresado de Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Industrias alimentarias, domiciliado en Jr. Neón 5726, del distrito de Los Olivos, provincia de Lima, Departamento de Lima.

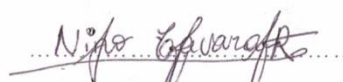
Celular: 990435012

Email: **ninotavara@gmail.com**

**“FORMULACION Y CARACTERIZACION DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE A PARTIR DE LA VAINA DE ALGARROBA (*Prosopis pallida*) Y CEBADA MALTEADA (*Hordeum vulgare*)”.**

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N°411, del código penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor, En fe de lo cual firmo la presente:

Piura, 18 de noviembre del 2019

  
DNI N° 72693958

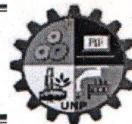


Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que les corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución del Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**DECANATO**



**ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**Expediente N° 1267 / 2016**



Los miembros del Jurado Calificador Ad-Hoc de la Sustentación de Tesis nombrado con Resolución N° 532-CF-FII-UNP-16 de fecha 19/09/2016 que suscriben, se reunieron en acto público en la sala de exposiciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura, el día **13 de Diciembre del 2018** a las **10:30 am**, para evaluar la defensa de la Tesis titulada **"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE A PARTIR DE LA VAINA DE ALGARROBA (*Prosopis pallida*) Y LA CEBADA MALTEADA (*Hordeum vulgare*)"**, presentada por el Bachiller **NINO HERNANDO TÁVARA RAMOS** y asesorado por el **Dr. JULIO CESAR JIMÉNEZ CHAVESTA** y co-asesorado por la **MSc. NELLY LUZ LEYVA POVIS**.

Después de haber calificado el Informe Final de la Tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara APROBADO para optar el Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** con el puntaje de 69 que corresponde al calificativo de BUENO.

Calificación	Jurado			Puntaje Promedio
	Presidente	Secretario	Vocal	
Documento (Max 60 puntos)	43	38	46	42.3
Sustentación (Max 40 puntos)	29	24	28	27
PUNTAJE TOTAL				69

En consecuencia, el sustentante queda en condición de recibir el Título Profesional que se indica, conferido por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura de conformidad con las Normas Estatutarias y la Ley Universitaria en vigencia.

Ciudad Universitaria, 13 de Diciembre del 2018


Dr. NÉSTOR JAVIER ZAPATA PALACIOS	Dr. JUAN IGNACIO QUISPE NEYRA	MSc. CORINA SANDOVAL MORALES
PRESIDENTE	SECRETARIO	VOCAL


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS

**“FORMULACION Y CARACTERIZACION DE CERVEZA**  
**ARTESANAL TIPO ALE A PARTIR DE LA VAINA DE ALGARROBA**  
**(*Prosopis pallida*) Y CEBADA MALTEADA (*Hordeum vulgare*)”**

  
Dr. NESTOR JAVIER ZAPATA PALACIOS  
PRESIDENTE

  
Dr. JUAN IGNACIO QUISPE NEYRA  
VOCAL

  
MSC CORINA SANDOVAL MORALES  
SECRETARIO

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme culminar satisfactoriamente este proyecto en mi vida a pesar de las diversas adversidades que se presentaron en el camino.

A mi familia de toda la vida, agradecido eternamente por su incondicional apoyo y palabras de aliento.

A mi nueva familia, Giannella y Sebastián, son mi motivación para seguir adelante y dar lo mejor de mí en todo lo que hago.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi mayor agradecimiento a mi familia, por su apoyo incondicional e inculcarme la fuerza, perseverancia y compromiso necesario para alcanzar mis metas e ideales.

A mi madre, por el apoyo incondicional que siempre me diste, por haberme formado como un hombre de bien, Dios te quiso a su lado poco antes de culminar mi sustentación, pero sé que estás sonriendo desde el cielo observándome y viendo crecer a tu nieto.

A mi esposa e hijo, por su amor y comprensión, por ser el impulso constante para mi desarrollo profesional y darme la dicha de convertirme en padre.

A mi asesor Ing. Julio Jiménez y co-asesor Ing. Nelly Leyva, por su orientación y apoyo para la realización de la presente investigación

.

Al Sr. Ferriol, por haber compartido sus conocimientos en la elaboración de cerveza artesanal y resolución de diversas dudas que surgieron en el proceso.

A mis profesores por los conocimientos impartidos durante toda mi carrera universitaria.

Y a cada una de las personas que de alguna u otra manera me apoyaron para la realización de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XV</b>
<b>I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>1</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	2
1.4. OBJETIVOS. ....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
2.2. MARCO REFERENCIAL. ....	5
2.2.1. Cerveza .....	5
2.2.1.1. Reseña histórica .....	5
2.2.1.2. Definición de cerveza .....	6



2.2.1.3.	Producción y consumo de cerveza en el Perú.....	7
2.2.1.4.	Composición química de la cerveza .....	8
2.2.1.5.	Características nutricionales de la cerveza .....	8
2.2.1.6.	Clasificación de la cerveza .....	9
2.2.1.7.	Requisitos.....	10
2.2.2.	Cebada .....	11
2.2.2.1.	Taxonomía .....	12
2.2.2.2.	Origen .....	13
2.2.2.3.	Composición química proximal de la cebada de 2 carreras.....	13
2.2.2.4.	Usos comerciales .....	14
2.2.2.5.	Cebada Malteada.....	15
2.2.3.	La algarroba.....	17
2.2.3.1.	Estructura del fruto .....	18
2.2.3.2.	Composición químico nutricional.....	19
2.2.3.3.	Productos derivados y usos.....	21
2.2.3.4.	Comercialización y producción de algarroba .....	22
2.2.4.	Lúpulo.....	23
2.2.4.1.	Concepto .....	23
2.2.4.2.	Funciones .....	24
2.2.4.3.	Métodos de empleo .....	25
2.2.4.4.	Pellets de lúpulo.....	25
2.2.5.	Levadura .....	26
2.2.5.1.	Concepto .....	26
2.2.5.2.	Composición química de la levadura.....	26
2.2.5.3.	Tipos de levadura en cervecería.....	27
2.2.6.	Agua para fabricar cerveza .....	29
2.3.	BASES TEÓRICAS – CONCEPTUALES.....	30
2.3.1.	Fermentación alcohólica.....	30
2.3.2.	Calidad de cerveza: Parámetros físico químicos. ....	32
2.3.2.1.	Capacidad Espumante .....	32
2.3.2.2.	pH.....	33

2.3.2.3. Color .....	33
2.3.2.4. Carbonatación .....	34
2.3.2.5. Amargor (sabor).....	34
2.3.2.6. Grado Alcohólico.....	35
2.3.2.7. Densidad (inicial y final) y Atenuación .....	35
2.3.3. Procesos de elaboración.....	37
2.3.3.1. Pesado .....	37
2.3.3.2. Triturado .....	37
2.3.3.3. Pre-Maceración .....	38
2.3.3.4. Maceración.....	38
2.3.3.5. Filtración .....	39
2.3.3.6. Cocción .....	39
2.3.3.7. Separación del Lúpulo .....	40
2.3.3.8. Enfriado .....	40
2.3.3.9. Oxigenación e inoculación.....	41
2.3.3.10. Primera fermentación.....	42
2.3.3.11. Trasiego .....	42
2.3.3.12. Segunda fermentación.....	43
2.3.3.13. Embotellado y Carbonatación.....	43
2.3.3.14. Tercera fermentación (en botella).....	44
2.3.3.15. Almacenado .....	44
2.3.4. Evaluación sensorial de la cerveza .....	44
2.3.4.1. Escalas afectivas: Escala hedónica .....	44
2.3.4.2. Fases.....	45
2.3.5. Diseño factorial.....	46
2.3.5.1. Diseño factorial completo general .....	46
2.3.5.2. Diseño en parcelas divididas.....	48
2.4. HIPÓTESIS .....	49
2.4.1. Hipótesis general .....	49
2.4.2. Hipótesis específicas.....	49
2.4.3. Variables y operacionalización.....	51

<b>III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>54</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	54
3.2. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	54
3.3. METODOLOGÍA.....	58
3.3.1. Elaboración de mosto a partir de cebada malteada.....	58
3.3.2. Elaboración de mosto a partir de vaina de algarroba.....	62
3.3.3. Mezcla de mostos y fermentaciones.....	64
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	69
3.4.1. Calidad en cerveza.....	69
3.4.1.1. Capacidad espumante (Método Constant) .....	69
3.4.1.2. pH (método AOAC, 1990).....	69
3.4.1.3. Color (Referencia estándar) .....	70
3.4.1.4. Carbonatación (NTE INEN 2 324, 2002) .....	72
3.4.1.5. Amargor (método de Glend Tinshtet).....	73
3.4.1.6. Grado alcohólico. (Método del densímetro Stevenson).....	74
3.4.1.7. Densidad (Inicial y final) .....	75
3.4.2. Evaluación sensorial .....	76
3.4.3. Ensayos físico-químicos .....	77
3.4.4.1. Mohos y Levaduras (según ICMSF - 2000, método 1) .....	77
3.4.4.2. Coliformes totales (según ICMSF - 2000, método 1).....	77
3.4.5. Métodos estadísticos.....	78
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>79</b>
4.1. CALIDAD EN CERVEZA – PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.....	79
4.1.1. Capacidad espumante. ....	79
4.1.2. pH .....	82
4.1.3. Color .....	86
4.1.4. Carbonatación .....	88
4.1.5. Amargor.....	91
4.1.6. Grado Alcohólico .....	93
4.1.7. Densidad y atenuación aparente .....	97

4.2.	EVALUACIÓN SENSORIAL .....	101
4.2.1.	Apariencia.....	102
4.2.2.	Olor .....	105
4.2.3.	Sabor .....	108
4.2.4.	Impresión Final .....	111
4.2.5.	Puntaje Final .....	113
4.3.	COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL .....	118
4.4.	ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS .....	119
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>120</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>121</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>122</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo promedio per cápita anual de los hogares por ámbito geográfico, según tipos de bebidas alcohólicas. (Lt/hogar) .....	7
Cuadro 2. Composición química de la cerveza (Alcohol 4%) .....	8
Cuadro 3. Características nutricionales de la cerveza por tipo de cerveza.....	9
Cuadro 4. Requisitos de la cerveza.....	11
Cuadro 5. Composición química proximal de la cebada de dos carreras. ....	14
Cuadro 6. Composición nutricional de la malta .....	17
Cuadro 7. Composición proximal del fruto de Prosopis pallida .....	19
Cuadro 8. Composición químico-nutricional de la pulpa de algarroba.....	20
Cuadro 9.Composición Química de la materia seca de levadura .....	27
Cuadro 10. Características de una cerveza tipo Ale de calidad.....	32
Cuadro 11. Proporciones entre malta y agua para elaborar 10 litros de cerveza.....	37
Cuadro 12. Tiempos de macerado de cerveza clara .....	38
Cuadro 13. Grados de temperatura y tiempos de estacionamiento en la maceración .....	39
Cuadro 14. Dosis equivalente de levadura liofilizada .....	41
Cuadro 15. ANVA para el diseño bifactorial .....	47
Cuadro 16. ANVA para el diseño en parcelas divididas .....	49
Cuadro 17. Variables de la investigación .....	51
Cuadro 18. Cantidades de materia prima e insumos para cerveza verde de malta.....	58
Cuadro 19. Cantidades de materia prima e insumos para cerveza verde de algarroba.....	62
Cuadro 20. Relación (en litros) de cerveza verde de algarroba y cebada.....	65
Cuadro 21. Datos aproximados de los volúmenes de CO <sub>2</sub> .....	72
Cuadro 22. Porcentaje de utilización de alfa-ácidos.....	74
Cuadro 23. Corrección de la densidad específica en función a la temperatura .....	76
Cuadro 24. Análisis de varianza - Capacidad espumante.....	79

Cuadro 25. Test de Duncan Formulación – Capacidad espumante.....	80
Cuadro 26. Test de Duncan para lúpulo – Capacidad espumante .....	81
Cuadro 27. Análisis de varianza –pH final.....	82
Cuadro 28. Test de Duncan Formulación – pH.....	83
Cuadro 29. Test de Duncan Lúpulo – pH.....	84
Cuadro 30. Análisis de varianza - Color .....	86
Cuadro 31. Test de Duncan para formulación – Color.....	86
Cuadro 32. Análisis de varianza – Volumen CO <sub>2</sub> .....	88
Cuadro 33. Test de Duncan para formulación – Volumen CO <sub>2</sub> .....	89
Cuadro 34. Análisis de varianza para Amargor.....	91
Cuadro 35. Test de Duncan para Amargor .....	92
Cuadro 36. Análisis de varianza para grado alcohólico .....	94
Cuadro 37. Test de Duncan para grado alcohólico.....	94
Cuadro 38. Análisis de varianza para Extracto Original (°Plato).....	97
Cuadro 39. Test de Duncan para Extracto Original (°Plato).....	98
Cuadro 40. Análisis de varianza para Apariencia.....	102
Cuadro 41. Test de Duncan para Formulación – Apariencia .....	103
Cuadro 42. Test de Duncan para Lúpulo – Apariencia .....	103
Cuadro 43. Análisis de varianza para Olor.....	105
Cuadro 44. Test de Duncan para Formulación – Olor.....	106
Cuadro 45. Test de Duncan para Lúpulo – Olor .....	106
Cuadro 46. Análisis de varianza para Sabor.....	108
Cuadro 47. Test de Duncan para Formulación – Sabor.....	108
Cuadro 48. Análisis de varianza para Impresión Final.....	111
Cuadro 49. Test de Duncan para Formulación – Impresión Final .....	111
Cuadro 50. Análisis de varianza para Puntaje Final.....	113
Cuadro 51. Test de Duncan para Formulación – Puntaje Final.....	114
Cuadro 52. Test de Duncan para Lúpulo – Puntaje Final.....	115
Cuadro 53. Parámetros físico – químicos del tratamiento F5 * C2.....	117
Cuadro 54. Resultados del análisis químico proximal del tratamiento F <sub>5</sub> * C <sub>2</sub> .....	118
Cuadro 55. Resultados del análisis microbiológico del tratamiento F <sub>5</sub> * C <sub>2</sub> .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cebada de 2 carreras ( <i>Hordeumdistichum</i> ).....	12
Figura 2. Cebada de 6 carreras ( <i>Hordeumhexastichum</i> ). ....	13
Figura 3. Algarroba madura de <i>Prosopis alba</i> (aspecto interno) .....	18
Figura 4. Capullos de la planta del lúpulo ( <i>Humuluslupulus</i> ).....	24
Figura 5. La inflorescencia femenina del lúpulo. ....	25
Figura 6. (a) Crecimiento de <i>Saccharomycescerevisiae</i> en agar glucosado de Sabouraud, (b) Levadura <i>Saccharomycescerevisiae</i> en: Microscopía electrónica de barrido, x7040 aumentos. Y (c) Microscopía de contraste de fases, x580 aumentos.....	29
Figura 7. Reacciones para obtener alcohol. ....	31
Figura 8. Diagrama de operaciones - Elaboración de mosto a partir de cebada malteada. ....	61
Figura 9. Diagrama de operaciones - Elaboración de mosto a partir de vaina de algarroba. ....	64
Figura 10. Diagrama de operaciones - Elaboración de cerveza ale a partir de algarroba y cebada malteada.....	68
Figura 11. Colores basados en el método SRM (Standard Reference Method) .....	71
Figura 12. Colores basados en el método SRM trasladado al Sistema EBC.....	71
Figura 13. Capacidad espumante.....	81
Figura 14. pH final .....	84
Figura 15. Color.....	88
Figura 16. Volúmenes CO <sub>2</sub> .....	90
Figura 17. Amargor (°IBUs).....	92
Figura 18. Grados Alcohólicos (% v/v).....	95
Figura 19. % Alcohol cerveza artesanal vs % alcohol cerveza industrial .....	96
Figura 20. Extracto Original (°Plato) .....	99
Figura 21. Atenuación aparente (%).....	100
Figura 22. Atributo: Apariencia.....	104
Figura 23. Atributo: Olor.....	107

Figura 24. Atributo: Sabor.....	110
Figura 25. Atributo: Impresión Final.....	112
Figura 26. Atributo: Puntaje Final.....	116

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Atributos y puntuación. ....	129
ANEXO 2. Ficha de calificación.....	130
ANEXO 3. Contenido de CO <sub>2</sub> – NTE INEN 2324.....	132
ANEXO 4. Valores Capacidad Espumante de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada.....	134
ANEXO 5. Diferencia de medias – Capacidad espumante .....	135
ANEXO 6. Valores pH de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada .....	136
ANEXO 7. Diferencia de medias – pH final .....	137
ANEXO 8. Valores Color de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada.....	138
ANEXO 9. Diferencia de medias – Color .....	139
ANEXO 10. Valores Carbonatación (Volumen CO <sub>2</sub> ) de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada.....	140
ANEXO 11. Diferencia de medias – Volúmenes de CO <sub>2</sub> .....	142
ANEXO 12. Valores Amargor de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada.....	143
ANEXO 13. Valores Grado Alcohólico de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada.....	145
ANEXO 14. Valores Densidad (inicial/final) y Atenuación aparente de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada.....	146
ANEXO 15. Resultados análisis sensorial .....	147
ANEXO 16. Diferencia de medias – Apariencia.....	155
ANEXO 17. Diferencia de medias – Olor.....	156
ANEXO 18. Diferencia de medias – Sabor.....	157
ANEXO 19. Diferencia de medias – Impresión Final.....	158
ANEXO 20. Diferencia de medias – Puntaje Final .....	159
ANEXO 21. Informe de Ensayo.....	160
ANEXO 22. Descripción de procedimientos: ensayos fisico-químicos.....	161
ANEXO 23. METODOLOGÍA.....	167



ANEXO 24. COLOR DE LAS FORMULACIONES.....	169
ANEXO 25. DEGUSTACIÓN.....	170

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de elaborar una cerveza artesanal tipo ale a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*) con 3 niveles de lúpulo. Los factores evaluados fueron formulación (F<sub>1</sub>: 80% algarroba / 20% cebada, F<sub>2</sub>: 70% algarroba / 30% cebada, F<sub>3</sub>: 60% algarroba / 40% cebada, F<sub>4</sub>: 50% algarroba / 50% cebada y F<sub>5</sub>: 40% algarroba / 60% cebada) y cantidad de lúpulo (C<sub>1</sub>: 0.8g/l, C<sub>2</sub>: 1.0 g/l y C<sub>3</sub>: 1.2g/l).

El análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos mostró que, al menos, uno de los factores ejerce efecto significativo. La capacidad espumante muestra valores entre 27.5% a 92.5%; pH 4.05 a 4.32; color 23.75 – 36.26 °EBC; carbonatación 2.05 – 2.23 volúmenes de CO<sub>2</sub>, amargor 14,700 a 22,052 IBUs, grado alcohólico 2.23 a 4.54%, densidad original 8.03 a 11.66 °Plato, densidad final 2.56 a 3.83 °Plato y atenuación aparente entre 62 a 78%. Los tratamientos fueron sometidos al análisis sensorial de un panel semi-entrenado evaluándose 4 atributos sensoriales: apariencia, olor, sabor y la impresión final (regusto). El tratamiento con la mayor puntuación otorgada fue F<sub>5</sub> \* C<sub>2</sub>. Se realizó un análisis químico proximal obteniéndose: Extracto seco 2.73%, Humedad 97.27%, Cenizas totales 0.17%, Azúcares totales 1.74%, Proteína total 0.57%, Grasa total 0.25%, Alcohol 4.3%. Aporta 41.6 kcal/100 g. Los resultados de las pruebas microbiológicas fueron Mohos (UFC/ml) < 3 y Levaduras (UFC/ml) < 3. Todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la NTP 213.014.

Palabras claves: cerveza tipo ale, algarroba, lúpulo, caracterización.

## ABSTRACT

The present research work was carried out with the purpose of elaborating ale ale craft from the pod of carob (*Prosopis pallida*) and malted barley (*Hordeum vulgare*) with 3 levels of hops. The evaluated factors were formulation (F<sub>1</sub>: 80% carob / 20% barley, F<sub>2</sub>: 70% carob / 30% barley, F<sub>3</sub>: 60% carob / 40% barley, F<sub>4</sub>: 50% carob / 50% barley and F<sub>5</sub>: 40% carob / 60% barley) and amount of hops (C<sub>1</sub>: 0.8g / l, C<sub>2</sub>: 1.0 g / l and C<sub>3</sub>: 1.2g / l).

The statistical analysis of physicochemical parameters showed that, at least, one of the factors exerts a significant effect. The foaming capacity shows values between 27.5% to 92.5%; pH 4.05 to 4.32; color 23.75 - 36.26 ° EBC; carbonation 2.05 - 2.23 CO<sub>2</sub> volumes, bitterness 14,700 to 22,052 IBUs, alcoholic degree 2.23 to 4.54%, initial density values 8.03 to 11.66 ° Plato; final density 2.56 to 3.86 ° Plato and apparent attenuation between 62 to 78%. The treatments were submitted to the sensory analysis of a semi-trained panel evaluating 4 sensory attributes: appearance, smell, taste and the final impression (aftertaste). The treatment with the highest score awarded was F<sub>5</sub> \* C<sub>2</sub>. A proximal chemical analysis was performed obtaining: Dry extract 2.73%, Humidity 97.27%, Total ash 0.17%, Total sugars 1.74%, Total protein 0.57%, Total fat 0.25%, Alcohol 4.3%. It provides 41.6 kcal / 100 g. The results of the microbiological tests were Mohos (CFU / ml) <3 and Yeasts (CFU / ml) <3. All the values obtained are within the parameters established in NTP 213.014.

Keywords: craft ale beer, carob, hops, characterization

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mercado de cervezas posee gran aceptación en el Perú y el Mundo. La elaboración de cerveza no se ha salvado de la industrialización, esto no necesariamente es malo, pero tiende a un empobrecimiento del mercado en cuanto a variedad, considerando que, en nuestro mercado, por ejemplo, en los últimos 100 años las únicas alternativas eran 3 o 4 marcas, todas ellas del mismo estilo (lager); es ahí donde las cervezas artesanales han comenzado a ganar escenario.

La producción de cervezas artesanales está dedicada exclusivamente para el público adulto que tiene mayor inclinación por productos de mayor calidad y versatilidad; el productor de cerveza artesanal pone un minucioso énfasis en los detalles, puesto que no cuenta con la tecnología que tienen las cervecerías industriales dando como resultado un producto final de mayor calidad.

La cerveza normalmente es elaborada mediante cebada o la mezcla de varios cereales, pero han sido excluidas materias primas como la vaina de algarroba que suena como un ingrediente extraño en este contexto. Es aquí donde surge la idea de elaborar una cerveza artesanal a base de vaina de algarroba.

La vaina de algarroba, desde tiempos ancestrales ha otorgado una serie de beneficios al hombre peruano, gracias a sus múltiples cualidades como alimento, abono, medicina y propiamente la materia prima para el desarrollo de las actividades económicas productivas a raíz de la industria alimentaria. Sin embargo, su principal uso es para alimentar ganado y la elaboración de algarrobina, existiendo pocos trabajos de investigación respecto a la elaboración de nuevos productos derivados de ésta.

La presente investigación abarca la elaboración de una cerveza ale a partir de la vaina de la algarroba y sus características organolépticas, microbiológicas y fisicoquímicas como un medio innovador de su uso y fuente de recursos económicos.

# **I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA**

## **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

La vaina de algarrobo si bien resulta ser una especie importante para la alimentación del ser humano además de las plantas y animales debido a las múltiples propiedades que brinda, en la actualidad no se le brinda la importancia que requiere, esto es debido a la problemática latente a raíz de la tala indiscriminada de la planta de algarrobo, a la limitación en sus utilidades debido a la falta de información que se tiene sobre los usos productivos de dicha planta, de modo que, hoy en día se desperdicia en abundancia; siendo más lamentable aún que existiendo en cantidades considerables y al alcance de los piuranos, no se le otorga el realce que requiere.

Teniendo en cuenta las amplias propiedades de la vaina de algarroba - rica en potasio, sodio y vitaminas A y B, alto contenido de azúcares y ausencia de gluten - resulta atractivo explorar la elaboración de un producto nuevo elaborado a partir de ésta, como lo sería una cerveza Ale, teniendo en cuenta la existencia de un mercado para este producto.

Se busca elaborar una cerveza ale a partir de la vaina de algarroba, donde se manipularán las variables de concentración de cebada y de algarroba además de concentración de lúpulo, para encontrar una fórmula que sea de mayor grado de aceptación por el público y que además cumpla con las Normas de Calidad estipuladas.

## **1.2. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación se centra en definir las concentraciones óptimas de materia prima para la elaboración de un nuevo producto planteando la siguiente interrogante:

¿Cuáles serían las concentraciones adecuadas de materia prima en la formulación de una cerveza artesanal tipo ale a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y que características organolépticas, microbiológicas y fisicoquímicas presentaría?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

A nivel mundial, la elaboración de cervezas a base de diversas materias primas representa económicamente una ganancia proporcional para los productores, aunado al hecho de que su consumo es aceptado permanentemente por la población.

Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizado en mayo del 2014, Latinoamérica representa la segunda región con mayor consumo de alcohol, seguido de Europa. Respecto al tipo de alcohol consumido, en América Latina, lo que más se ingiere es cerveza (53 %); seguida de un 32,6 % de licores (vodka, whisky), y un 11,7 por ciento de vino.

El consumo promedio per-cápita anual de cerveza en los hogares del Perú es de 36.6 litros/hogar. Dividido por región se muestra 37.9, 24.6 y 33.5 en la Costa, Sierra y Selva respectivamente. El departamento de Piura presenta un consumo promedio de cerveza de 37.8 litros/hogar. (INEI, 2012)

Una investigación publicada por Euromonitor International, revela que los volúmenes mundiales de bebidas alcohólicas cayeron en el 2015. Sin embargo, en el Perú se registró un incremento. Por categorías, el consumo per cápita de cerveza aumentó en 3.8% en el 2015 respecto al 2014, alcanzando los 38.2 litros per cápita en el año 2015. Sumado a esto, en el Perú se viene gestando un movimiento de cervecerías artesanales, cuyo horizonte de éxito está trazado por la búsqueda de versatilidad en la cerveza. (Lira, 2016)

La producción y consumo de cerveza artesanal está ligado a recuperar procesos tradicionales de elaboración y a utilizar materias primas de mejor calidad, mientras que la elaboración de cerveza industrial se realiza a gran escala, buscando la mayor producción en el menor tiempo posible, utilizando materias primas más económicas. La elaboración de cerveza artesanal se mantiene todavía en cantidades relativamente pequeñas comparadas con la cerveza industrial en el Perú, sin embargo, su demanda va en crecimiento, el consumidor está

en búsqueda de nuevas experiencias sensoriales que no conocen límites. Es aquí donde surge la tentativa de elaborar una cerveza a partir de la vaina de algarroba.

La presente investigación se justifica precisamente porque existe un mercado muy amplio respecto al consumo de cervezas que solo usan cebada como materia prima, pero no alternos como la vaina de algarroba, en la búsqueda de un producto con características sensoriales superiores a la cerveza tradicional; además de la disponibilidad de la materia prima presente en nuestra región en gran cantidad. Ésta vaina se utiliza principalmente como insumo en la alimentación de animales además de productos derivados como algarrobina o harina, sin embargo, su uso se encuentra tan limitado que no ha sido explorado ni explotado en su totalidad.

Los resultados obtenidos serán útiles para establecer los parámetros óptimos de elaboración de cerveza artesanal tipo ale demostrando que el uso de la vaina de algarroba es factible como materia prima alternativa para esta bebida fermentada, además surge como una opción novedosa en un mercado saturado por sabores ya conocidos.

La información generada a partir de esta investigación será útil para impulsar la creación de microempresas cerveceras, aumentando fuentes de trabajo e ingresos principalmente para el campesino mediante la producción y comercialización de esta bebida, además de ser atractivo para el turismo extranjero ya que el algarrobo es característico de nuestra región

#### **1.4. OBJETIVOS.**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Formular y caracterizar una cerveza artesanal tipo ale a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*).

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros de control en el proceso de elaboración de cerveza tipo ale a partir de la vaina de algarroba (*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*) con 3 niveles de lúpulo.

- Evaluar los efectos de las variables formulación y cantidad de lúpulo en los parámetros físico químicos de la cerveza tipo ale.
- Determinar la mayor aceptabilidad de los distintos tratamientos mediante un análisis sensorial utilizando una escala hedónica de 5 puntos.
- Caracterizar microbiológicamente la cerveza obtenida de mayor aceptación.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Carvajal e Insuasti (2010) indican la elaboración de cerveza artesanal usando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y sus concentraciones adecuadas. En su investigación se utilizó cerveza artesanal de cebada y yuca, en la que se determinó el comportamiento de dos factores: lúpulo y azúcar. Obtenido los mejores tratamientos se elaboró las siguientes mezclas cebada/yuca (85/15; 70/30; 50/50; 30/70; 15/85) %, las cuales fueron evaluados organolépticamente (color, olor, sabor), por un grupo de panelistas donde se determinó que la mezcla M<sub>1</sub> (85%cerveza de cebada + 15%cerveza de yuca), tuvo la mejor aceptabilidad. Finalmente se determinó que la mejor mezcla fue de 85%cerveza de cebada y 15%cerveza de yuca, a la que se realizó análisis microbiológicos y productos secundarios de la fermentación “Metanol”, para ver si se encuentra dentro de los rangos establecidos por la Norma NTE 1529, Norma NTE 347 respectivamente.

Ferriol (2012) realiza el curso taller “Elaboración de cerveza de algarroba” en Mallorca España. Sus cervezas no son filtradas por lo que el potasio y la fibra aportada por la algarroba no se eliminan. Elabora cerveza tradicional, cuita (incluye plantas tradicionales de Mallorca), otro tipo es la cerveza *d’ordi* que en realidad es un *coupage* de cerveza de cebada y de cerveza de algarroba, y la última, es la cerveza torrada de la que explica que es la más parecida al tipo stout (mayor contenido alcohólico).

Un grupo de jóvenes en Tucumán Argentina han desarrollado un proyecto de una planta piloto que produce cerveza de algarroba. Los experimentos concluyeron cuando en el 2011 se logró por primera vez hacer la bebida, la cual tiene un suave sabor al fruto. Su proyecto luego ganó en ese mismo año el primer premio de la Feria Provincial de Ciencia y Tecnología que se realizó en San Miguel de Tucumán. (La Gaceta, 2013).



Martínez (2015) realizó un análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Se analizó la cantidad de proteína, fibra, fenoles totales y capacidad antioxidante en distintos tipos de cervezas artesanales e industriales para establecer una comparación cuantitativa y relacionarlos con las materias primas que se utilizan, procesos de elaboración y distintas variables que influyen durante el procesado. Se obtuvo una mayor cantidad de compuestos bioactivos en las muestras de cerveza artesanal que en las de cerveza industrial.

## **2.2. MARCO REFERENCIAL.**

### **2.2.1. Cerveza**

#### **2.2.1.1. Reseña histórica**

Vogel (1999), señala que el invento de la cerveza ha sido objeto de muchas leyendas, que van desde el Dios egipcio Osiris hasta «Gambricus, Rey de Bravante». En realidad, el invento de la cerveza fue una especie de accidente. Sabemos que la cerveza es conocida desde hace 5000 años, pero hoy no somos capaces de decir como tuvo lugar realmente su invención. Solo podemos suponer como podría haber sucedido. Se abandonó un trozo de pan que se humedeció y comenzó a fermentar. Y así, a través de la historia podemos encontrar indicios de la cerveza, pasando por los egipcios, los galos, los francos y habitantes de partes de Alemania. En aquellas épocas la cerveza no se elaboraba siguiendo conocimientos prácticos unánimemente admitidos, sino que los métodos de elaboración se establecieron y se fueron mejorando de manera continuada durante milenios según el principio del ensayo y la corrección de lo mal hecho con la comprensión de los procesos bioquímicos que acontecen en la elaboración de la cerveza, progresaron también los métodos de elaboración que habían permanecido casi invariables durante siglos, la investigación técnica ofrece nuevas posibilidades para la elaboración como lo es la sustitución del trabajo manual por el trabajo mecánico así como que la fabricación no dependiera de las vicisitudes atmosféricas.

Suarez (2013) señala que la cerveza es la bebida alcohólica más antigua y común, y a través de su historia ha constituido un importante consumo social y una excelente fuente de calorías que, desde sus orígenes, complementaba muchas dietas generalmente pobres. Además, no contenía agentes infecciosos, como el agua o la leche, debido a su fermentación.

En Europa, América y Australia, se elabora tradicionalmente con cebada, en África con mijo, en Japón con arroz, en la América pre-colombiana se hacía de maíz (chicha), mandioca y patata. También hay cervezas de centeno, de sorgo, de raíces de jengibre, de corazón de palma, de semillas de bambú, y en la zona de Ruanda y Uganda se conoce una cerveza fabricada a base de bananas verdes. En las recetas del pasado, se le añadían amapolas, champiñones, plantas aromáticas, miel, azúcar, laurel, mantequilla, migas de pan, etc.

#### **2.2.1.2. Definición de cerveza**

La NTP 213.014 (2014), señala que se entiende exclusivamente por cerveza la bebida resultante de un proceso de fermentación controlado, mediante levadura cervecera, de un mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros.

Hernández (2003) define a la cerveza como una bebida alcohólica no destilada, elaborada por medio de la fermentación -con levadura- de una solución de cereales con la adición o no de otros productos. En un sentido un poco más amplio, se denomina cerveza a la bebida preparada a partir de cualquier cereal (cebada, trigo, maíz, entre otros), pero normalmente se elige la malta de cebada (cebada germinada).

La cerveza es toda bebida fermentada a base de malta (cebada germinada), lúpulo, agua y levaduras. En algunos países, Alemania, Noruega, Grecia, Suiza, etc. la ley limita la utilización de los sustratos para la fermentación a cebada malteada y lúpulo, además de la levadura y el agua. En otros, es normal el que se añadan cereales no malteados (cebada, arroz, maíz, trigo, etc.), refinado de fécula de patata y almíbares derivados de la caña de azúcar, remolacha azucarera o cereales (García, 2013).

Molina (1987), señala que las materias primas principales para la fabricación de la cerveza son: malta de cebada, y los insumos agua, levadura y lúpulo. La malta de cebada es la fuente principal de hidratos de carbono del mosto, aunque no la única, pues en la mayor parte de los países del mundo pueden usarse, además, fuentes alternativas, como sémola de maíz, granos partidos de arroz, etc.

### 2.2.1.3. Producción y consumo de cerveza en el Perú

Según el INEI (2014), la producción de cerveza ha ido aumentando cada año. Encontramos 1 037 053, 1 182 817, 1 169 677, 1 230 335, 1 305 390 y 1 364 318 miles de litros producidos en los años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012 respectivamente. En los hogares del Perú, la cerveza es la bebida alcohólica de mayor consumo con 32 litros 900 mililitros al año o 2 litros 700 mililitros de consumo promedio por hogar al mes, seguido del vino con 800 mililitros al año, entre otros.

El consumo promedio per-cápita anual de cerveza en los hogares del Perú es de 36.6 litros/hogar. Dividido por región se muestra 37.9, 24.6 y 33.5 en la Costa, Sierra y Selva respectivamente. El departamento de Piura presenta un consumo promedio de cerveza de 37.8 litros/hogar. (INEI, 2012). Ver cuadro 1.

**Cuadro 1. Consumo promedio per cápita anual de los hogares por ámbito geográfico, según tipos de bebidas alcohólicas. (Lt/hogar)**

Tipos de bebidas alcohólicas	Total	Lima Metropolitana	Resto país	Área de Residencia		Región Natural		
				Urbana	Rural	Costa	Sierra	Selva
Cerveza	32.9	38.6	30.2	36.8	19.4	37.9	24.6	33.5
Vino, espumante y otros.	0.8	1.3	0.6	1.0	0.3	1.1	0.5	0.3
Aguardiente de caña	1.1	0.2	1.5	0.4	3.4	0.2	2.3	2.0
Pisco	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0

Fuente: INEI. Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares 2008-2009

Huaruco (2015) nos dice que el consumo de la cerveza artesanal peruana se ha triplicado en lo que va del año. La industria de la cerveza artesanal peruana ha despegado en

los últimos 4 años. De ser un puñado de marcas en 2011, en la actualidad existen alrededor de 60 productores artesanales en Perú.

#### 2.2.1.4. Composición química de la cerveza

Según Obregón (2010), la cerveza se fabrica con agua, cebada y lúpulo, añadiendo posteriormente otros aditivos. Sus componentes finales son agua (90%), carbohidratos no fermentados (dextrinas), minerales, vitaminas, ácidos, fenoles, alcohol etílico, dióxido de carbono y aditivos diversos.

**Cuadro 2. Composición química de la cerveza (Alcohol 4%)**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (g/100mL de porción bebible)</b>
Agua	96.4
Proteína	0.4
Lípidos	0.0
Carbohidratos	3.1
Alcohol etílico	4.0
Ceniza	0.1
<b>Minerales</b>	<b>Cantidad (mg/100mL de porción bebible)</b>
Fósforo	15
Hierro	0.1
Vitamina B1	0.01
Vitamina B2	0.03
Vitamina B3	0.06
<b>Energía (kCal)</b>	41.0

Fuente: Bejarano et al (2002)

#### 2.2.1.5. Características nutricionales de la cerveza

La cerveza se produce a partir de materias primas como cereales, lúpulo, levaduras, agua, que la hacen ser una bebida sana y nutritiva con las siguientes características nutricionales:

**Cuadro 3. Características nutricionales de la cerveza por tipo de cerveza.**

<b>Por cada 12 onzas (344.4 g)</b>	<b>Tipo de cerveza</b>		
	<b>Regular</b>	<b>Light</b>	<b>Sin Alcohol</b>
Peso (g)	356	354	360
Agua (%)	90	92	95
Energía (Kcal)	145	99	32
Proteína (g)	1	5	5
Carbohidratos (g)	13	1	0
Colesterol (mg)	0	0	0
Ca (mg)	18	18	25
Zn (mg)	0,07	0,11	0,04
Vitamina A (mg)	0	0	0
Niacina (mg)	1,61	1,39	1,62
Vitamina C (mg)	0	0	0

Fuente: Rodríguez. (2003).

#### **2.2.1.6. Clasificación de la cerveza**

Según la NTP 213.014 (2014) las cervezas se clasifican en:

##### **a) Respecto a su extracto original o extracto primitivo:**

**Cerveza liviana:** Es la cerveza cuyo extracto original es mayor o igual a 5 % en peso y menor que 9,0 % en peso. Podrá denominarse “light”, a la cerveza liviana cuando también cumpla con los siguientes requisitos:

Reducción de 25 % del contenido de nutrientes y/o del valor energético con relación a una cerveza similar del mismo fabricante (misma marca) o del valor medio del contenido de tres

cervezas similares conocidas, que sean producidas en la región. Valor energético de la cerveza lista para el consumo: máximo de 35 Kcal/100 ml.

**Cerveza:** Es la cerveza cuyo extracto original es mayor o igual a 9,0 % en peso.

**b) Respecto al grado alcohólico:**

**Cerveza sin alcohol:** Se entiende a la cerveza cuyo contenido alcohólico es inferior o igual a 0,5 % en volumen.

**Cerveza con alcohol:** Es la cerveza cuyo contenido alcohólico es superior a 0,5 % en volumen.

**c) Respecto al color:**

**Cervezas claras** (rubias o rojas): color < 30 unidades E.B.C.

**Cervezas oscuras:** color  $\geq$  30 unidades E.B.C.

**d) Respecto a la proporción de materias primas**

**Cerveza:** Es la cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo contenido de cebada malteada es igual o mayor que 50% en peso.

**Cerveza 100 % malta o de pura malta:** Es la cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto primitivo proviene exclusivamente de cebada malteada.

**Cerveza de “... (Seguida del nombre del o de los cereales mayoritarios):** Es la cerveza elaborada a partir de un mosto cuyo extracto original proviene mayoritariamente de adjuntos cerveceros. Podrá tener hasta un 80 % en peso de la totalidad de los adjuntos cerveceros referido a su extracto original (**no menos del 20 % en peso de malta**). Cuando dos o más cereales aporten igual cantidad de extracto original, deben citarse todos ellos.

**Denominaciones especiales**

Cerveza aromatizada y/o saborizada.

**2.2.1.7. Requisitos**

Según la NTP 213.014 (2014) Las cervezas deberán satisfacer los siguientes requisitos:

**Cuadro 4. Requisitos de la cerveza**

Parámetros medidos	Unidad	Mínimo
Contenido alcohólico a 20° C	% (v/v)	0,5 %
Extracto Original	° Plato %P/P	5.0%
Carbonatación	Volúmenes de CO <sub>2</sub>	0.3%
Color	EBC	*

Fuente: NTP 213.04 (2014); \*Respecto al color depende del estilo de cerveza

Según la NTON 03 038 – 02 (2006) las cervezas deben cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos:

- Recuento total de Microorganismos mesófilos, UFC/ml <100
- Recuento total de mohos y levaduras UFC /ml <20

### **2.2.2. Cebada**

La cebada (*Hordeum vulgare*) se siembra desde la llegada de los españoles a nuestro continente y se encuentra muy difundida a lo largo del callejón interandino; es considerado un cultivo estratégico e importante para los cultivos de los pequeños agricultores porque es la base de su alimentación y constituye una fuente de ingresos al comercializar sus excedentes. (Peña, 2011). Además, Martínez (2015) señala que la cebada es el cereal que más se utiliza debido a que produce menos problemas técnicos en la elaboración de cerveza.

La cebada es un cereal perteneciente al grupo de los cereales de invierno, es de forma ahusada, más grueso en el centro que en sus extremos, su cáscara (13% del peso del grano) la protege contra los depredadores y es de utilidad en los procesos de malteado y cervecería, su distribución es similar a la del trigo; sin embargo, crece en suelos drenados que no necesitan ser tan fértiles como en el caso del trigo. (Molina, 1987)

Tradicionalmente, la cebada era uno de los granos alimenticios dominantes, pero ha sido superado por el arroz y trigo en muchos países. La cebada es todavía un importante grano de

alimentos en varias regiones del mundo, incluyendo Marruecos, India, China y Etiopía. (OECD, 2004)

De acuerdo a un censo de INEI (2014), la producción agropecuaria en el Perú de cebada grano (de 2 carreras) en el año 2007 fue de 177.5 mil TM; posteriormente año tras año va aumentando, en el año 2013 fue de 224.5 mil TM. La producción agropecuaria en el Perú de cebada forrajera (de 6 carreras) en el año 2007 fue de 390 827 mil TM, en el año 2010 presenta la mayor producción con 435 500 mil TM y en el año 2013 presenta una baja en la producción con 382 806 mil TM.

#### **2.2.2.1. Taxonomía**

El nombre científico de la cebada es *A. Hordeum Vulgare*, perteneciente a la familia *Poaceae* (Gramíneas). Su especie está determinada por el número de espiguillas. Existen dos especies en la Cebada: La cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*) para la elaboración de la cerveza y la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*) que se utiliza básicamente como forraje para la alimentación animal. Las cebadas de dos carreras producen granos más grandes, redondeados y uniformes, con cubiertas más finas (dan mayor rendimiento en extracto) y tienen menor contenido en envueltas y proteína (Molina, 1987).



Figura 1. Cebada de 2 carreras (*Hordeumdistichum*).

Fuente: Molina. (1987).





Figura 2. Cebada de 6 carreras (*Hordeum hexastichum*).

Fuente: Molina, (1987).

Las razones de utilizar las variedades de dos carreras son: su alto contenido en almidón (que da un mayor rendimiento en extracto, es decir, más litros de cerveza por peso de cebada), el bajo contenido en proteínas y envueltas (que pueden causar turbidez), la uniformidad de su tamaño (lo que permite una homogeneidad en la hidratación de los granos) y los bajos contenidos en taninos y  $\beta$ -glucanos (que pueden dar viscosidad al mosto) con la consiguiente reducción de problemas técnicos de filtración y de turbidez (Palmer, 1991).

#### **2.2.2.2. Origen**

El género *Hordeum* tiene indicios en el centro y sur de Asia occidental, occidental de Norte América, el sur de América del Sur, y en el Mediterráneo (Von Bothmer, 1992).

El género *Hordeum* se encuentra en una amplia gama de hábitats. La mayoría de las especies perennes silvestres crecen en ambientes húmedos, mientras que las especies anuales están restringidas principalmente en hábitats cerrados. Muchas especies se han adaptado a ambientes extremos y muchas tienen tolerancia a condiciones frías y salinas (Von Bothmer, 1992).

#### **2.2.2.3. Composición química proximal de la cebada de 2 carreras**

La cebada de dos carreras posee un alto contenido de carbohidratos (76.6%). Presenta minerales como fósforo (en mayor proporción), calcio y hierro.

**Cuadro 5. Composición química proximal de la cebada de dos carreras.**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (g/100g de porción comestible)</b>
Agua	9.7
Proteína	8.4
Lípidos	2.0
Carbohidratos totales	77.5
Ceniza	2.4
<b>Minerales</b>	<b>Cantidad (mg/100g de porción comestible)</b>
Fósforo	320
Calcio	61
Hierro	4.58
Vitamina A	1
Vitamina B1	0.24
Vitamina B2	0.08
Vitamina B3	7.86
Energía (kj)	1210.0

Fuente: Reyes et al. (2009)

#### **2.2.2.4. Usos comerciales**

Originalmente, la cebada se cultiva principalmente y se utiliza para la alimentación humana, pero ahora se utiliza principalmente para la alimentación animal y para producir malta, con cantidades más pequeñas utilizadas para las semillas y directo consumo humano. La cebada también se utiliza para la producción de almidón, ya sea para la alimentación o para la industria química. Además, la cebada tiene algunos subproductos útiles, la más valiosa es la paja que se utiliza principalmente para las camas en los países desarrollados, sino también para la alimentación animal, tanto en países desarrollados como subdesarrollados. (OECD, 2004).

### **Alimentación animal:**

(OCDE 2004) señala que, a nivel mundial, hasta un 85% de cebada producida se utiliza para la alimentación de los animales, incluyendo ganado vacuno (carne de productos lácteos), cerdos y aves de corral. Además, menciona que, en la mayoría de los casos, la totalidad de la cebada se enrolla para mejorar la digestibilidad. La cebada tiene un valor nutritivo menor que el trigo. A pesar de tener un mayor contenido proteico que el maíz, en la dieta de los animales monogástricos y de alto rendimiento, por lo general, necesita ser complementado con otras fuentes de proteínas, debido al bajo contenido y la calidad de la proteína en el grano de cebada.

### **Malta**

El segundo uso más importante de la cebada es para la malta, utilizada sobre todo en la cerveza, pero también en licores duros, leche malteada y aromas en diversos alimentos. La malta de cebada se puede añadir a muchos productos alimenticios tales como galletas, pan, pasteles y postres. (Akar et al., 2004).

El mismo autor señala que, en general, las variedades de cebada de dos hileras son las preferidas para la producción de malta, pero también se utiliza cebada de seis carreras, utilizada comúnmente en algunas cervezas lager estilo americano. En los países occidentales, la cebada está aumentando en popularidad como un grano de comida y se utiliza en las harinas para la fabricación de pan o de otras especialidades, tales como alimentos para bebés, alimentos naturales y espesantes. Es preferida por algunos fabricantes de alimentos debido a su precio más bajo en comparación con el trigo y su valor nutricional.

#### **2.2.2.5. Cebada Malteada**

Vogel (1999) señala que la malta es uno de los ingredientes de partida más importantes en la fabricación de cerveza. Ésta se obtiene principalmente de la cebada, aunque también se maltea el trigo. En teoría, también pueden maltearse todos los demás cereales, pero estudios realizados demuestran que, por diversas razones, los demás cereales no dan maltas adecuadas. Asimismo, señala que la cebada sin tratar, es decir sin malteado, no serviría para la

elaboración de cerveza, ya que la levadura solo puede generar alcohol a partir del azúcar, y la cebada contiene una mínima cantidad de este, en cambio, posee una elevada cantidad de almidón. Se necesita degradar el contenido de almidón presente en la cebada por medio del germinado realizado por enzimas y se completa con el malteado.

Carvajal e Insuasti (2010) señalan que en el mercado podemos encontrar maltas bases y maltas especiales:

**a) Maltas bases:**

Existen 3 tipos de maltas bases, Pilsen, Munich y Vienna que son las más comunes y utilizadas.

- Grano germinado – secado a baja temperatura (Malta Pilsen)
- Grano germinado – secado a mediana temperatura (malta Munich)
- Grano germinado – secado a alta temperatura (Vienna)

La malta Pilsen es la que más se utiliza en todo el mundo para elaboración de cerveza, debido a que su color es muy claro y su sabor suave, dándonos como resultado cervezas rubias o doradas con sabores muy suaves.

Las maltas Múnich y Vienna, nos dan como resultado cervezas de tonos un poco más oscuros que pueden llegar al rojo claro y sabores más intensos a malta.

**b) Maltas especiales:**

Son maltas que aportan colores, sabores y olores especiales a los diferentes tipos de cervezas que se van a elaborar.

Cuando se ha secado el grano y se ha obtenido una malta básica, se la deja más tiempo en el horno, se obtiene maltas tostadas, que se llaman Malta Caramelo, y se utiliza para darles más color a la cerveza rubia, y también acentuar el sabor a malta.

Cuanto más tiempo se tuesta el grano, más oscuro será el color de la malta, por el grado de tostado que se obtiene por este motivo encontraremos Maltas Caramelo de 30, 50,80 grados, los cuales nos indican el grado de tostado al que ha sido sometidas.

**Cuadro 6. Composición nutricional de la malta**

<b>GRUPO</b>	<b>AZÚCARES</b>
Porción comestible	1,00
Agua (ml)	8,00
Energía (Kcal)	300,00
Carbohidratos (g)	84,80
Proteínas (g)	5,20
Lípidos (g)	0,10
Colesterol (mg)	0,00
Sodio (mg)	0,00
Potasio (mg)	20,00
Calcio (mg)	0,00
Fósforo (mg)	0,00
Hierro (mg)	0,00
Riboflavina (B2) (mg)	0,18
Ácido ascórbico (C) (mg)	0,00
Ácido Linoleico (g)	0,00
Ácido Linolénico (g)	0,00

Fuente: Nutriguía (2013)

### **2.2.3. La algarroba**

La algarroba o vaina de algarroba, fruto del algarrobo denominado científicamente *Prosopis pallida*, se utiliza en forma natural o deshidratada en la alimentación animal y como producto transformado en la alimentación humana y en farmacología (Castillo, 2002)

Según Mendoza y Talledo (1987), el fruto del algarrobo es una vaina de color amarillo claro, mesocarpio carnososo de más o menos 5 a 8 mm de espesor, de 1 a 1.5 cm de ancho, de 6 a 17 g de peso y llega hasta los 29 cm de largo, con formación curva.

Fagg y Stewart (1994), citados por Prokopiuk (2004), señala que todas las especies de *Prosopis* son leguminosas arbóreas o arbustivas que presentan gran resistencia a la sequía y a la salinidad, y tienen alta capacidad de fijar nitrógeno. Sus frutos son legumbres con alto contenido de proteínas e hidratos de carbono, que varían en tamaño, color y características químicas, según la especie. Esto hace que su cultivo sea recomendado con una doble finalidad: detener el avance de la desertificación y erosión del suelo en zonas áridas y semiáridas, y utilizar sus frutos para alimentación humana y animal en países en desarrollo.

#### 2.2.3.1. Estructura del fruto

Cortez (2010) señala que el fruto del algarrobo está constituido por una legumbre alargada de color verde inicialmente, que posteriormente cuando está madura se torna de color amarillo pardo. Es multiseminada, encorvada e indehiscente; su forma, tamaño, espesor y peso es variado.

Prokopiuk (2004) señala que la vaina consta de cuatro partes:

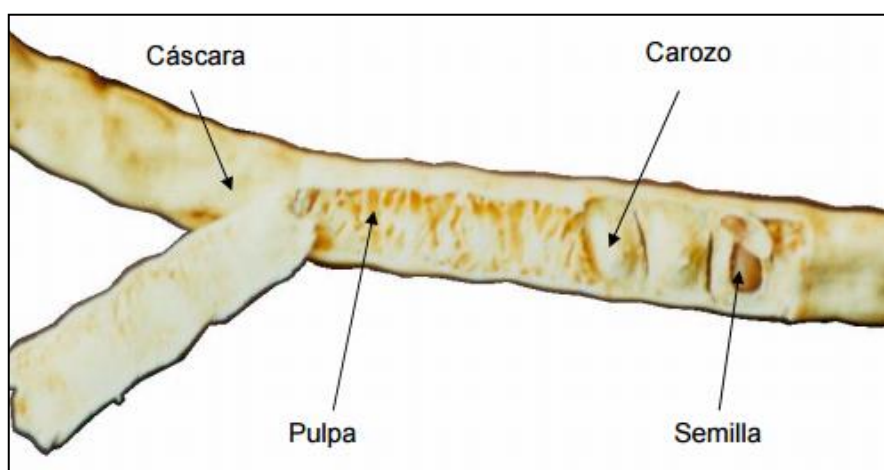


Figura 3. Algarroba madura de *Prosopis alba* (aspecto interno)

Fuente: Prokopiuk (2004)

### 2.2.3.2. Composición químico nutricional

**Cuadro 7. Composición proximal del fruto de *Prosopis pallida***

DETERMINACIÓN	% (en base seca)
Proteína	4,88
Grasa	0,71
Fibra cruda	23,14
Cenizas	3,67
Hidratos de carbono	55.45

Fuente: (Aedo, 2007)

Cada parte de la vaina de algarroba consta de diferentes componentes.

**a) Exocarpio (cáscara)**

b) **Mesocarpio (pulpa):** La pulpa representa aproximadamente el 56% del peso total del fruto. El mayor componente de la pulpa es sacarosa (46,35%), y representa cerca del 90% del total de azúcares solubles. Los azúcares reductores (glucosa, fructosa y xilosa); están presentes en muy pequeñas cantidades (Cruz et al, 1987). En la pulpa también están presentes minerales entre los que destaca el Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio %. Asimismo, contiene vitamina C (60 mg/kg) y el ácido nicotínico (31 mg/kg). (Ruiz, Cruz y Grados, 1998).

c) **Endocarpio (carozo):** El endocarpio está compuesto mayoritariamente por fibra dietética insoluble (70,8%). Puede usarse en la preparación de alimentos dietéticos, alimentación para ganado o como combustible.

d) **Semillas:** Epispermo (cáscara), el componente que se presenta en mayor proporción es la fibra dietética (75,2%); Endospermo (goma), tiene un alto contenido de fibra dietética y Cotiledón, donde las proteínas son las que se presentan en mayor proporción (69%).

**Cuadro 8. Composición químico-nutricional de la pulpa de algarroba.**

<b>Determinación</b>	<b>g/100g de muestra seca</b>
Cenizas	3,60
Proteínas (N x 6.25)	8,11
Grasa	0,77
Sacarosa	46,35
Azúcares reductores	2,14
Fibra dietética insoluble	30,60
Fibra dietética soluble	1,62
Fibra dietética total	32.22
<b>Minerales contenidos</b>	<b>mg/100g de muestra seca</b>
Potasio	2,65
Calcio	75,86
Magnesio	90,36
Sodio	113,02
Cobre	Trazas
Níquel	Trazas
Fierro	33,04
Magnesio	Trazas
Zinc	Trazas
<b>Vitaminas</b>	<b>mg/kg de muestra inicial</b>
A	No detectada
E	5,00
B1	1.90
B2	0.60
B6	2.35
Ácido nicotínico	31.00
Vitamina C	60.00
Ácido fólico	0.18



Fuente: (Ruiz, Cruz y Grados, 1998)

### **2.2.3.3. Productos derivados y usos**

**Algarrobina:** es un extracto acuoso concentrado de los azúcares de la algarroba, de 75 a 78° Brix, de color marrón oscuro y brillante. (Grados et al, 2000)

Debido a la alta concentración de azúcares de la miel y el bajo nivel de pH puede conservarse sin añadirse componentes químicos. El aporte proteico de la algarrobina es alto debido a los aminoácidos que la componen. (Castillo, 2002)

Tradicionalmente la algarrobina se prepara poniendo a hervir las vainas de algarroba (bien secas), posteriormente el jugo obtenido se filtra y se pone a concentrar por evaporación en un recipiente sobre la cocina. El concentrado obtenido tiene un color marrón oscuro brillante y tiene la textura de un jarabe espeso.

Cortez (2010) señala que la algarrobina puede consumirse como uso medicinal especialmente para combatir la disentería en niños debido a sus características astringentes. Además, es usada por personas de bajos recursos económicos como concentrado multivitamínico y complemento alimenticio.

**Yupisín:** Es un refresco obtenido por extracción acuosa.

Meyer (1984), citado por Prokopiuk (2004) nos dice que los frutos de Prosopis se han utilizado en muchos lugares también para preparar bebidas fermentadas. Roig, (1993), citado por el mismo autor; relata que en el valle de Atacama (Chile) hacían una bebida fermentada con algarroba molida cocida en agua.

En Argentina preparan una bebida refrescante llamada “aloja”, que es una infusión de las algarrobas en agua, se deja fermentar naturalmente y se decanta.

**Alimentación de ganado:** Más del 90% de la producción de la algarroba que se comercializa, es empleada para la alimentación de animales como las vacas, cabras, caballos y burros, consumiéndola en su estado natural, es decir en vaina. La algarroba tiene gran aceptación entre los ganaderos pues según ellos, ésta tiene ciertas propiedades adicionales a su evidente valor energético. (Grados y Cruz, 1994)

**Aceite:** Se obtiene de las semillas de algarrobo, ricas en proteínas, gomas y grasas (14.09%). Este producto puede ser utilizado con fines industriales. (Mendoza y Talledo, 1987)

**Pasta de papel:** Mendoza y Talledo (1987), señalan que la fibra es larga y flexible, se obtiene del endocarpio del fruto del algarrobo, permite la obtención de un papel de buena calidad, pero su participación es demasiado pequeña (5.4%) con fines del uso industrial, sin embargo, esto no descarta que sea utilizado como alimento de relleno para animal vacuno y caprino, respectivamente.

**Café de algarroba:** INRENA (2004) nos dice que es un producto obtenido a partir del tostado de las vainas enteras de la algarroba, hasta adquirir un color marrón oscuro para su posterior molienda. Su utilización es la misma que para obtener esencia de café filtrado. Se consume en infusiones con propiedades curativas.

**Obtención de alcohol:** Grados y Cruz (1994) mencionan que la pulpa de algarroba se utiliza como sustrato de fermentación para la producción de alcohol etílico, dado el contenido de azúcares que posee.

**Obtención de gomas:** Grados y Cruz (1994), mencionan que esta fracción es básicamente un polisacárido de tipo galactomanano. Estos polisacáridos son macromoléculas capaces de absorber gran cantidad de agua, aumentando varias veces su volumen, formando una solución de alta viscosidad. Este comportamiento lo tienen todos los aditivos alimentarios llamados gomas, de las cuales hay naturales y sintéticas. Las gomas de semillas de leguminosas (goma de algarrobo (LBG), guar y tara) tienen un mercado muy amplio en la industria de alimentos, como agente espesante, estabilizante, gelificante y emulsionante, para la fabricación de helados, salsas y mayonesas, quesos, yogures y otros productos lácteos, productos enlatados, panadería y pastelería, entre otros.

#### **2.2.3.4. Comercialización y producción de algarroba**

La comercialización de la algarroba se da en dos épocas del año, así se tiene la venta en campaña grande que es donde se tiene la mayor producción y se da entre los meses de diciembre a abril, durante esta campaña los precios de la algarroba son bajos debido a la abundancia del producto. La otra campaña es la venta en época de escasez, la cual se da a

partir del mes de julio donde los precios suben considerablemente, sin embargo, son pocos los productores que almacenan su producto. (Cortez, 2010)

Según información registrada por las Unidades de Forestal y Fauna de la Dirección Regional Agraria, existen cuatro puntos importantes de producción en el departamento de Piura: San Lorenzo, Sullana, Chulucanas y el Medio y Bajo Piura; de estas zonas se ofertan grandes cantidades de algarroba. (Asencio, 1997)

Gastón Cruz, Gerente general de CITE Agro, manifestó que, con la presencia de las lluvias, espera se normalice la producción de algarroba en la región Piura. Estimó que en Piura se producía 200 mil toneladas de algarroba, mientras que el 2014 y 2015 disminuyó a 50 mil toneladas por problemas con el clima. Asimismo, dijo que algunas plagas también han afectado los algarrobos. El especialista indicó que actualmente se exportan harina de algarroba y la algarrobina a países europeos y Estados Unidos. (“El Mercado de algarroba vuelve a crecer, 2016).

#### **2.2.4. Lúpulo**

##### **2.2.4.1. Concepto**

Wolke (2005) nos dice que es una flor seca que se extrae de una planta del mismo nombre, conocida por los botánicos como *Humulus lupulus*, una cepa alta y trepadora de la familia de las cannabáceas. Proporciona a la cerveza su sabor amargo a la vez que contrarresta el dulzor de la malta. Le da también un toque herbáceo y un aroma agradable, según la fase del proceso de elaboración en la que se añada al mosto de fermentación.

Para la fabricación de cerveza, sólo tienen valor las plantas femeninas, ya que las flores deben usarse únicamente en estado no fecundado, el campo de cultivo es comparable con un convento de monjas en lo referente a exclusividad de sexo.

Carvajal e Insuasti (2010) señalan que el lúpulo es la flor hembra de la planta *Humulus lupulus*. El lúpulo es utilizado en cervecerías por su poder de amargor. En el lúpulo se encuentra la lupulina (gránulos de color amarillo que se encuentran en la flor hembra sin fecundar), la cual posee a su vez las humulonas y lupulonas que son ácidos cristalizables responsables del amargor. Estos ácidos amargos se oxidan y polimerizan fácilmente perdiendo

su poder de amargor; fenómenos que son acelerados por el oxígeno, temperatura y humedad. Por ello, es de suma importancia que, para la conservación del lúpulo, se coloque en lugares a 0 °C y humedad relativa de 70 – 75%.

#### **2.2.4.2. Funciones**

Vogel (1999), señala que el lúpulo cumple diversos cometidos en la cerveza:

- Precipita proteínas, por lo que actúa como clarificante.
- Favorece la formación de espuma
- Confiere a la cerveza su agradable sabor amargo.
- Favorece la conservación de la cerveza.

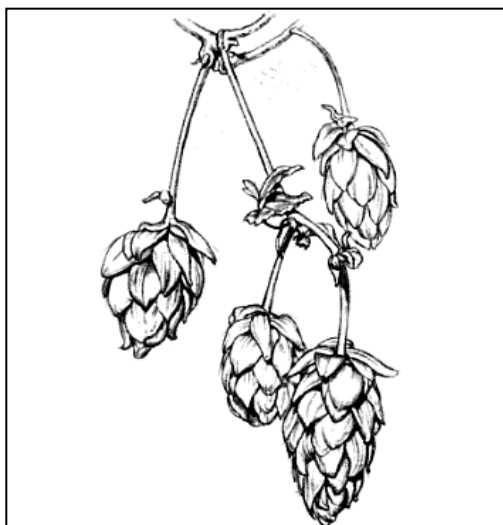


Figura 4. Capullos de la planta del lúpulo (*Humulus lupulus*).

Fuente: Wolke (2005).

El lúpulo se cultiva solo en climas templados. Los conos femeninos se desarrollan a partir de julio y están listos en setiembre. Estos conos poseen una serie de resinas amargas y aceites esenciales –responsables del sabor amargo- cuya composición química es compleja: se han identificado más de novecientos compuestos; los principales se llaman humulonas. Se ha demostrado que estas sustancias, además de modificar el sabor y el aroma de la cerveza, son inhibidores del crecimiento de microorganismos no deseados, por lo que ayudan a disminuir el riesgo de contaminación. (Hernández, 2003)

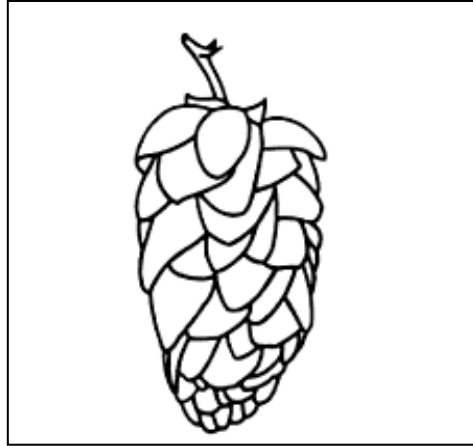


Figura 5. La inflorescencia femenina del lúpulo.

**Fuente: Hough (2001)**

#### **2.2.4.3. Métodos de empleo**

Suarez (2013), señala que el empleo de los lúpulos es muy importante para escoger un estilo y un perfil de amargor, sabor y aroma. Existen distintos métodos de empleo de los lúpulos:

- **FirstWortHopping** (lupulado del primer mosto): incorporar el lúpulo en la caldera nada más empezar el trasiego del mosto.
- **Hop Back:** adición al final de la cocción, pasando el mosto por un filtro que contiene conos de lúpulo.
- **DryHopping** (uso de lupulado en seco): Se hace en la cerveza fría y la mayor parte de los compuestos volátiles se quedan en ella. Con todos los demás métodos, durante la fase de fermentación se pierden muchos compuestos volátiles, arrastrados por el dióxido de carbono (por lo que en este caso se añaden los lúpulos al fermentador secundario o al barril).

#### **2.2.4.4. Pellets de lúpulo**

Inicialmente se utilizaban las flores secas, pero son muy sensibles a la oxidación y, por lo tanto, sólo se podían almacenar por periodos cortos de tiempo. En la actualidad se procesa o se elabora extractos líquidos o polvos comprimidos; de esta forma, se logra un mejor rendimiento

y una mayor estabilidad del producto. A estos comprimidos se encuentran en forma de Pellets. El polvo y los pellets de lúpulo se ofertan como tipo 90 ó tipo 45; este último está tan concentrado que si se opta por su empleo basta con utilizar la mitad de lo que necesitaría con un pellet tipo 90. (Vogel, 1999)

### **2.2.5. Levadura**

#### **2.2.5.1. Concepto**

Las levaduras son organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimentan de los azúcares provenientes de la malta, transformándolos en alcohol y CO<sub>2</sub> (gas) durante un proceso llamado fermentación que se realiza en ausencia de oxígeno, según Hough (2001).

La levadura es un hongo microscópico unicelular que transforma los glúcidos y los aminoácidos en alcohol y dióxido de carbono. Hay muchas especies y se las clasifica de acuerdo con las características de su forma celular, de la reproducción, de su fisiología y de su hábitat. Sus hábitats naturales son variados (en simbiosis o como parásitos): frutas, hojas, flores y hasta la piel y el interior de los mamíferos. La característica interesante, es su habilidad para metabolizar azúcares. (Suarez, 2013)

La transformación del azúcar en alcohol y dióxido de carbono –la fermentación alcohólica– está producida por enzimas generados por levaduras. Estas últimas están muy extendidas en la naturaleza, siendo utilizadas muchas veces por el hombre en la fabricación de alimentos y productos de consumo como pan, vino y aguardientes.

#### **2.2.5.2. Composición química de la levadura**

Fajardo y Sarmiento (2007), señalan que las levaduras contienen un 75% de agua y un 25% de materia seca aproximadamente. La composición de la materia seca se presenta en el cuadro 9:

**Cuadro 9.Composición Química de la materia seca de levadura**

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Ceniza	7
Carbohidratos	43
Proteína	48
Grasa	2

Fuente: Haehn, 1991

### **2.2.5.3. Tipos de levadura en cervecería**

En 1980, Louis Pasteur identificó la levadura como un organismo y como responsable de la fermentación. En 1883, el doctor Emil Christian Hansen consiguió aislar una cepa pura, *Saccharomyces carlsbergensis*, utilizada para fabricar cervezas Lager muy estables. A partir de entonces, se conocen dos clases principales de *Saccharomyces* para la elaboración de la cerveza: *Saccharomyces carlsbergensis*, utilizada para baja fermentación, y *Saccharomyces cerevisiae* para alta fermentación. Actualmente, ambas están clasificadas como *Saccharomyces cerevisiae*, aunque a veces a las levaduras utilizadas para la fermentación baja se les llame *Saccharomyces cerevisiae uvarum*. (Suarez, 2013)

Vogel (1999) señala que para la fermentación en cervecería existen dos clases distintas: levaduras de fermentación en superficie (alta) y en profundidad (baja).

#### **A) Levaduras de fermentación alta (ALE)**

La fermentación de la cerveza Ale ocurre de manera más rápida y a temperaturas de 20°C aproximadamente, actuando la levadura en la superficie del mosto. Además, tienen un elevado porcentaje de alcohol y son muy aromáticas. (De Clerk, 1987, citado por Rodríguez, 2003).

La cerveza tipo Ale es distinta de la cerveza Lager por la disminución más rápida del extracto de azúcar en la etapa de fermentación, causada por el uso de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que permanece en suspensión, y por las temperaturas más altas utilizadas (20 - 23°C) (Knudsen, 1997, citado por Rodríguez, 2003).

Según Schmidt-Hebbel (1996), citados por Rodríguez (2003), señalan que las levaduras “altas” se pueden diferenciar de las “bajas” por fermentar el trisacárido, la rafinosa hasta un tercio, al formar sólo fructosa y melibiosa, pues les falta la enzima melibiasa que sigue descomponiendo la melibiosa, en glucosa y galactosa, ambas fermentables.

Las levaduras se multiplican preferentemente por bipartición celular, es decir, que de una célula de levadura nacen dos células nuevas, cada una de las cuales volverá a su vez a escindirse en otras dos, y así sucesivamente. Las levaduras de fermentación alta permanecen después de la multiplicación agrupadas por uniones lábiles formando una especie de racimo. Esta biomasa ofrece resistencia a las burbujas de dióxido de carbono que tratan de ascender, y la levadura es empujada hacia arriba sobre la superficie del líquido situándose sobre la espuma como capa viscosa de tonalidad oscura y sucia, de donde precede la denominación de fermentación alta. Las levaduras requieren temperaturas de 15-20 °C, por lo que este procedimiento de elaboración requiere escasos medios de refrigeración, siendo la más adecuada para elaborar una cerveza artesanal.

#### **B) Levaduras de fermentación baja (LAGER)**

A diferencia de las levaduras de fermentación alta, se forman también por bipartición nuevas células, pero completamente sueltas, sin formar racimos, con lo que no ofrecen resistencia a las burbujas de dióxido de carbono, cuya razón no ascienden empujadas hacia arriba, sino que se hunden al fondo del recipiente.

Las levaduras de fermentación baja necesitan temperaturas bajas, hasta casi de 0°C. Las temperaturas bajas de fermentación y guarda permiten que las cervezas de fermentación baja sean mucho más ricas en dióxido de carbono que las de fermentación alta, por lo que su sabor es más fresco.

Carvajal y Insuasti (2010) mencionan que normalmente las cervezas industriales se elaboran con levaduras lager, y las artesanales utilizan en su gran mayoría levaduras ale, debido a que es más fácil mantener un fermentador a temperatura de 14 a 25°C, que mantenerlo a 6 a 10°C. En la actualidad existen métodos nuevos parecidos a la fermentación baja que permiten fabricar cerveza de fermentación alta de muy buena calidad.



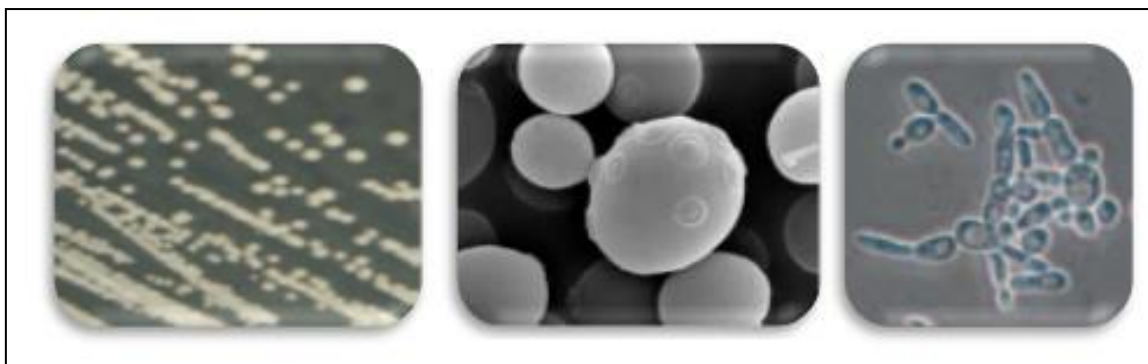


Figura 6. (a) Crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en agar glucosado de Sabouraud, (b) Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en: Microscopía electrónica de barrido, x7040 aumentos. Y (c) Microscopía de contraste de fases, x580 aumentos.

Fuente: Bial-Arístegui (2002)

#### 2.2.6. Agua para fabricar cerveza

Suarez (2013) señala que el 95% del peso de la cerveza es agua. Las factorías de las cervezas se construyeron en aquellos lugares en los que se disponía de agua adecuada para el tipo de cerveza a producir.

La naturaleza del agua empleada en la fabricación de cerveza es de mucha atención y se llega a decir que el éxito de la cerveza depende del empleo adecuado del agua ya que constituye cerca del 95% del contenido de la cerveza por lo que es un ingrediente fundamental y del cual interesa esencialmente su contenido de sales y especialmente su dureza. Como norma general se recomienda utilizar aguas blandas con poco contenido en sales. (Gorostiaga, 2008),

Vogel (1999) señala que el agua a emplear desempeña un papel totalmente decisivo en la fabricación tradicional de cerveza. La dureza se mide en grados hidrotimétricos alemanes (°Ha): de 0 a 5 °Ha agua muy blanda, 5 a 9 °Ha agua blanda, 9 a 13 °Ha agua de dureza media, 13 a 19 °Ha agua moderadamente dura, 19 a 30 °Ha agua dura y más de 30 °Ha agua muy dura. Existen muchos métodos para modificar esta dureza. El más sencillo es el método de cocción que consiste en hervir el agua, la dureza carbonatada disminuye al precipitar en forma de incrustación, fenómeno que puede observarse en calderas, hervidores.

## **2.3. BASES TEÓRICAS – CONCEPTUALES.**

### **2.3.1. Fermentación alcohólica**

Vincent, Álvarez y Zaragoza (2006) definen a la fermentación alcohólica como una de las etapas principales que transforman el mosto o zumo azucarado en un líquido con un determinado contenido de alcohol etílico. También mencionan que la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza generalmente dura una semana a una temperatura de 20 °C.). Durante este proceso, el mosto es transformado en un líquido con determinado contenido de alcohol etílico.

Al inicio de la fermentación, la levadura comienza su proceso de reproducción, el desarrollo adecuado de esta etapa depende de la disponibilidad de oxígeno, fuentes de nitrógeno y de algunos otros nutrientes. Cuando el oxígeno es consumido la reproducción celular se detiene y comienza el proceso anaerobio en el que la glucosa se transforma en etanol y CO<sub>2</sub> (Hernández, 2003).

Las levaduras son las responsables de esta transformación, siendo *S. cerevisiae* la especie de levadura más frecuentemente usada en la industria cervecera (Varnan y Sutherland, 1997).

Suarez (2013), señala que los microorganismos utilizan como sustrato los hidratos de carbono (principalmente azúcares como la glucosa) presentes en el medio para transformarlos en etanol, dióxido de carbono y energía en forma de ATP. La producción de etanol se lleva a cabo a través de la vía glucolítica, que, en su forma más simple, se puede expresar de la siguiente forma:



Hernández (2003), explica que la secuencia de transformaciones para degradar a una molécula de glucosa hasta dos moléculas de etanol y dos moléculas de dióxido de carbono es un proceso complejo que involucra 2 etapas:

- La formación en anaerobiosis de 2 moléculas de piruvato a través de la ruta metabólica de Embden-Meyerhof (glucólisis)

- La descarboxilación del piruvato en anaerobiosis para dar lugar a dos moléculas de acetaldehído que se reducen a etanol.

Las levaduras causantes de la fermentación son microorganismos muy habituales en las frutas y cereales y contribuyen en gran medida al sabor de los productos fermentados. Una de las principales características de estos microorganismos es que viven en ambientes completamente carentes de oxígeno ( $O_2$ ), máxime durante la reacción química, por esta razón se dice que la fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico. (Aparicio, 2000)

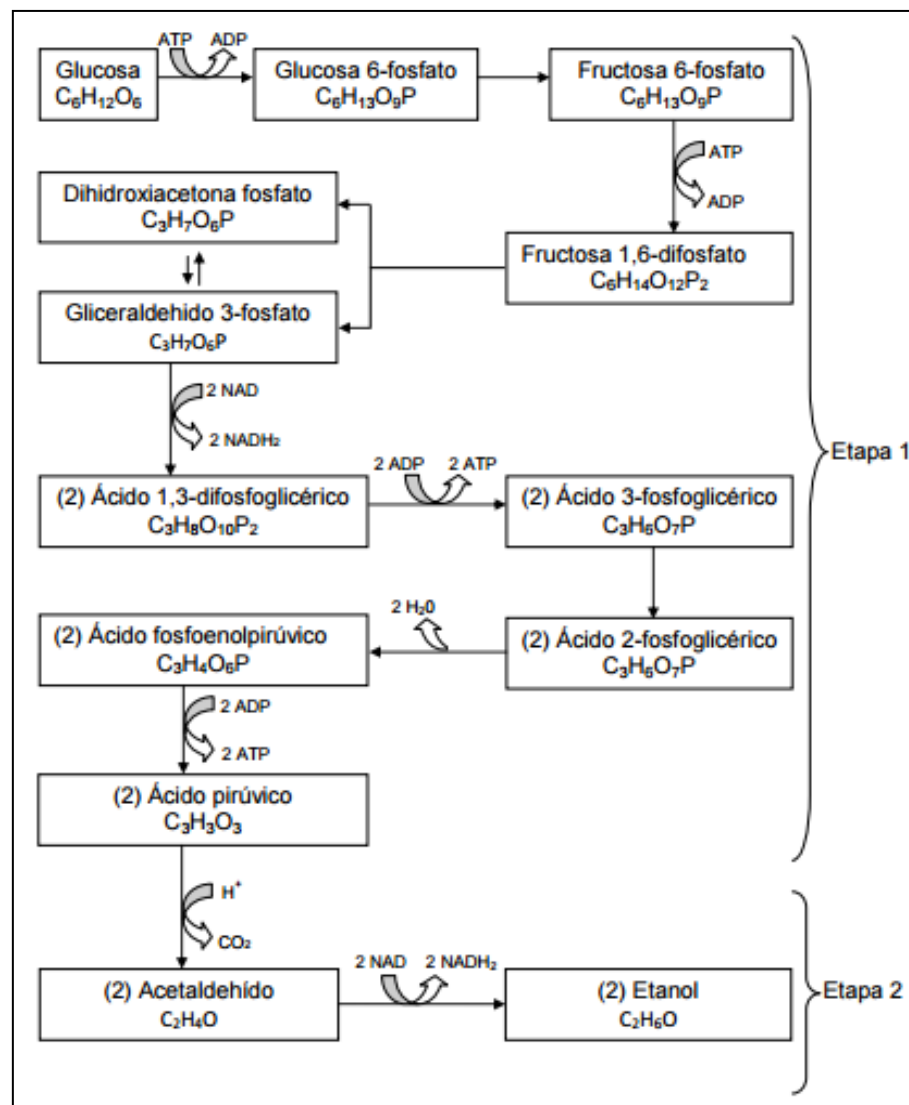


Figura 7. Reacciones para obtener alcohol.

Fuente: Anabel (2011)

### 2.3.2. Calidad de cerveza: Parámetros físico químicos.

Según Posada (1995), citado por Rodríguez (2003), menciona que la calidad de la cerveza naturalmente presupone la ausencia de aspectos reconocidos generalmente como indeseables. La calidad de la cerveza depende de varios factores que tienen relación con las materias primas utilizadas, con el proceso de elaboración y principalmente con el mercado consumidor que evalúa esta calidad. Entre los parámetros más importantes de evaluación de calidad están el sabor, la presencia y permanencia de espuma, color, grado alcohólico y la presencia de residuos o precipitados (estabilidad).

**Cuadro 10. Características de una cerveza tipo Ale de calidad**

Característica	Parámetro
Alcohol (% v/v)	2.5 – 9.0
pH final	3.0 – 4.8
Densidad (g/ml) a 20 °C	0.998 – 1.018
Sabor a lúpulo	Media – Alta
Aroma a lúpulo	Bajo – Medio
Color	Muy pálido - Pálido
Vida útil (meses)	6

Fuente: González y Muñiz (2000), citado por Rodríguez (2015)

#### 2.3.2.1. Capacidad Espumante

La formación de espuma es uno de los factores más importantes en la evaluación de calidad que realizan los consumidores, ya que transmite la primera impresión del producto tan pronto es servido un vaso de cerveza. La espuma se forma por gases que se encuentran finamente repartidos en el líquido y materias sólidas, principalmente el CO<sub>2</sub>. (De Clerck, 1957, citado por Rodríguez, 2003).

Se le denomina capacidad espumante (E) a la habilidad para la incorporación en solución de CO<sub>2</sub> en forma de una distribución fina de burbujas, las cuales persisten en la superficie del líquido sin coalescencia de una con la otra y sin ruptura en el espacio de vapor; es decir, este parámetro indica la capacidad de formación y expansión de la espuma (Romero et al, 2012).

Rodríguez, (2003) señala que los elementos que participan positivamente de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las iso-humulonas provenientes del lúpulo. Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a caracterizar a cervezas con capacidades espumantes deficientes. Cabe resaltar que cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma.

#### **2.3.2.2. pH**

El pH final de las cervezas fluctúa entre 3.0 - 4.8. Las cervezas elaboradas con una mayor relación de malta y otros cereales adjuntos poseen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente con malta. El pH final también depende del pH inicial regulado generalmente en el proceso de maceración, el cual a su vez depende del tipo de agua utilizada y el tratamiento de la misma con ácidos y/o sales de calcio (Rodríguez, 2003).

Durante la fermentación anaerobia, aparte de producirse etanol, se generan una serie de ácidos orgánicos como el ácido láctico, propiónico y pirúvico, que influyen también en la disminución del pH. El pH influye en la actividad de la levadura. Así, se ha podido comprobar que el pH más favorable para el crecimiento de la *S. cerevisiae* se encuentra entre 4.4 - 5.0, siendo el pH 4.5 el adecuado para su crecimiento óptimo. (Suarez, 2013)

#### **2.3.2.3. Color**

Suarez (2013), señala son varios los compuestos responsables del color en las cervezas: melanoidinas, productos de caramelización y pirólisis, polifenoles oxidados, riboflavina, carotenoides, antocianinas, clorofilas y sus productos de oxidación, así como también catalizadores de la oxidación como son los iones metálicos. De ellos, la fuente primaria de color son las melanoidinas. Estos compuestos poseen un espectro de color que va desde el amarillo al ámbar. Se generan por reacciones de pardeamiento no enzimático (reacciones de Maillard) durante el tratamiento térmico del malteado, la cocción, etc.

El color de las cervezas se evalúa de acuerdo a dos escalas: la SRM (Standard Reference Method) utilizada principalmente en Estados Unidos y la EBC (European Brewing Convention) en el resto del mundo. Ambas se basan en medidas espectrofotométricas.

#### **2.3.2.4. Carbonatación**

Mientras que, en la fermentación principal, la mayor cantidad de dióxido de carbono sale al aire, en la maduración debe procurarse que la cerveza retenga la mayor cantidad de dióxido de carbono con lo que se conservará mejor, y más tarde, generará espuma y una agradable frescura al paladar (Vogel, 1999).

A una determinada temperatura la cerveza puede contener una cantidad X de CO<sub>2</sub> pero no más y a partir de ese punto el gas comienza a liberarse. La cantidad máxima de CO<sub>2</sub> que la cerveza puede contener disuelto se denomina "punto de saturación" y se expresa en volumen, donde un litro de CO<sub>2</sub> en un litro de cerveza es igual a un volumen. Este punto puede variar por dos factores: presión y temperatura. (González, 2004)

Según la NTP 213.014 (2014), la cerveza elaborada debe contener un mínimo de 0.3% expresado en volúmenes de CO<sub>2</sub>. Según la NTON 03 038 (2006) el rango debe encontrarse entre 2.0-4.0 (%v/v) y según la NTE INEN 2 262 (2003) el rango debe encontrarse entre 2.2-3.5 (%v/v).

Jim (13 de marzo, 2017), establece un rango sencillo de carbonatación:

- Nivel de carbonatación bajo, entre 1,5 a 2,0.
- Nivel de carbonatación estándar, entre 1,5 a 2,0.
- Nivel de carbonatación alto, entre 1,5 a 2,0.

#### **2.3.2.5. Amargor (sabor)**

El impacto sensorial en el consumidor ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma, y del olor como distintas variedades de aromas. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas es importante, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto. Sin embargo, en la práctica el

sabor es determinante en la elección del consumidor (Meilgaard y Peppard, 1986, citados por Rodríguez, 2003).

El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales coayudan en el proceso de clarificación (Rojas y Serna, 2000, citados por Rodríguez, 2003).

#### **2.3.2.6. Grado Alcohólico**

El grado alcohólico determina el contenido de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica (Rodríguez, 2003).

El grado alcohólico de una cerveza tipo Ale oscila en el rango de 4 – 5 % (Dantur, 2006).

Tintó et al (2004) mencionan que el grado alcohólico es el número de volúmenes de etanol disueltos en 100 volúmenes de bebida. Conociendo la densidad inicial del mosto, se puede calcular el grado alcohólico del que va a disponer la cerveza, porque se conoce la cantidad de azúcar que va a estar disponible para las levaduras y que va a ser transformado en alcohol y por consecuencia, conocer también la densidad final.

Normalmente, las cervezas artesanales tienen más grados que las cervezas industriales, se cree que es debido a la cepa de levadura utilizada, a la temperatura de fermentación primaria, aireación, dosis y condiciones de siembra de la levadura y a la calidad de las materias primas (Rajendram, 2009).

#### **2.3.2.7. Densidad (inicial y final) y Atenuación**

Rodríguez (2003) menciona que el rango de densidades finales en cervecería oscila entre 0.997 – 1.040 g/ml dependiendo del tipo de material amiláceo utilizado. Además, la densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza (mientras se va transformando los azúcares en alcohol se hace más ligera) e indica si la fermentación ha tenido lugar de forma satisfactoria.

La densidad del mosto indica la cantidad de azúcares en solución. El “grado Plato” es la densidad específica expresada como el peso de extracto en 100g de solución, a la temperatura de 17,5°C.

La densidad específica final es la densidad de la cerveza cuando la fermentación ha concluido. Cuanto más denso sea el mosto, más alcohol tendrá la cerveza acabada y mayor cantidad de lúpulo necesitará: en los mostos más densos el  $\alpha$ -ácido es menos efectivo y se necesita más amargor para contrarrestar el dulzor de la malta. Además, los mostos densos requieren más tiempo para fermentar y mucho más tiempo de maduración (García, 2013)

Broderick (1997) establece que la densidad inicial es la cantidad de azúcar que está disuelta en el mosto antes de que empiece su fermentación, mientras que la densidad final es la cantidad de azúcar disuelto que presenta la cerveza cuando la fermentación ha finalizado. La densidad puede medirse mediante el uso de un densímetro, basándose en el hecho que todo cuerpo sumergido en un líquido, desplaza un volumen de líquido de igual peso que el propio. La densidad puede expresarse en grados plato (°P), Brix o en densidad específica. La densidad específica es relativa al peso de un litro de líquido con el azúcar disuelto.

Jim (28 de octubre, 2014), señala que la elección de la levadura es fundamental ya que cada característica de éstas afecta a la cerveza. La atenuación aparente es el porcentaje de azúcares que ha sido fermentado por las levaduras, el rango suele andar entre el 75 y el 85%. Se puede hallar aplicando la siguiente fórmula:

$$AtA\% = \frac{100 \times (DI - DF)}{(DI - 1)}$$

Donde:

- AtA%: atenuación aparente.
- DI: Densidad inicial.
- DF: Densidad final.

El porcentaje de azúcares fermentables en el extracto total determina el límite de atenuación, que establece el alcohol que contendrá la cerveza final. Y en el extracto soluble, que se denomina mosto, el 60% de las sustancias son fermentables (maltosa, maltotriosa, sacarosa, glucosa y fructosa) que serán utilizadas por la levadura para producir el alcohol y el CO<sub>2</sub> durante la fermentación. (Rodríguez, 2003)



### 2.3.3. Procesos de elaboración

#### 2.3.3.1. Pesado

Según Vogel (1999), señala que la distribución de agua en el vertido principal y posvertido influye en el tipo de cerveza. Las cervezas claras requieren un mayor vertido principal de agua, es decir, un macerado más diluido, en cambio, las cervezas oscuras tienen macerados más densos.

Además, menciona que se pierde agua durante todo el proceso de elaboración; por ejemplo, en la fermentación se evapora más agua; también queda retenida cerveza en las heces de la levadura, y se pierde también algo de líquido en el trasegado y embotellado.

**Cuadro 11. Proporciones entre malta y agua para elaborar 10 litros de cerveza**

<b>Tipo de cerveza *</b>	<b>Cantidad de malta (kg)</b>	<b>Agua principal (l)</b>	<b>Posvertido (l)</b>
Clara 12%	2.2	9	8
Clara 16%	2.9	10	7
Oscura 12%	2.2	7	10
Oscura 16%	2.9	8	9

Fuente: Vogel (1999). \* En Latinoamérica, clara se entiende por “rubia” y oscura como “negra”.

#### 2.3.3.2. Triturado

Vogel, (1999) explica que en esta operación no hay que moler los granos hasta obtener harina, como sucede en los cereales de panadería. Un triturado de malta demasiado fino implica dificultades en la filtración, o sea, en la separación del líquido de los componentes sólidos (bagazo), que se convertirá en cerveza. La finalidad del triturado es partir las glumas del grano de malta para liberar la masa harinosa y fragmentarla. El mismo autor señala que la mejor solución hoy día es un molino casero de cereales. En la operación no debe calentarse la malta demasiado, porque resulta inevitable un cierto daño a las enzimas, por ello, se recomienda efectuar pausas transcurridos unos minutos.

En este proceso lo ideal es obtener un 20% de harina, un 50% de grano partido y un 30% de grano entero aproximadamente. (Carvajal E Insuasti, 2010)

### **2.3.3.3. Pre-Maceración**

Con este proceso, se obtiene una mezcla de aspecto de papilla pastosa. Aquí se deja sentir la intensa actividad enzimática, se solubilizan muchos componentes de la malta sobre todo azúcares y proteínas. (Vogel, 1999)

De Mesones (2005), menciona que el pH medio de una maceración se sitúa entre los 5,6 y 5,9, para conseguir la mínima efectividad de las enzimas y con ello la mayor sacarificación, habremos de reducir el pH al nivel indicado de 5,5.

### **2.3.3.4. Maceración**

Vogel (1999) señala que el método clásico de la infusión responde a este significado: al pre-macerado particularmente espeso, preparado con muy poca agua, se le va agregando agua hirviente (se incorpora en cierta medida en el macerado), hasta llegar gradualmente a una temperatura de 78°C.

El indicador de finalización del proceso de macerado fue la utilización de una solución de yodo 0.2N, la cual se mezcla con una muestra del mosto, observándose que ésta no altere el color de la tintura. Es importante que la prueba del yodo se realice a temperatura ambiente para que no se falsee el resultado. La prueba del yodo demostrará que el proceso de maceración ha concluido y se ha conseguido la sacarificación final. (De Mesones, 2005).

**Cuadro 12. Tiempos de macerado de cerveza clara**

<b>Tiempos</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Estacionamiento (minutos)</b>
Primer	52	30
Segundo	65	30
Tercero	78	10-15

Fuente: Vogel (1999)

**Cuadro 13. Grados de temperatura y tiempos de estacionamiento en la maceración**

<b>Enzima</b>	<b>Proteasa</b>	<b><math>\alpha</math> - Amilasa</b>	<b><math>\beta</math> - amilasa</b>
Acción de la enzima	Desdobla la proteína en pequeñas unidades	Desdobla el almidón sobre todo en azúcares fermentiscibles	Desdobla el almidón con mayor proporción de productos no fermentables
Temperatura de estacionamiento	53°C	63°C	75°C
Duración del estacionamiento	60 min	30-45 min	30-45 min

Fuente: Vogel (1999)

#### **2.3.3.5. Filtración**

Es la separación del líquido resultante de la maceración, llamado mosto y que contiene los azúcares de la malta disueltos en él, y de los restos de la malta como las cáscaras y fibras. (De Mesones, 2005).

Una vez filtrado, se adiciona el agua de posvertido que pasa por los restos que funcionan como filtro. Este sub proceso es llamado lavado de orujo para poder disolver los componentes de la cerveza que todavía existen en el bagazo. Con ello, el líquido obtenido se encuentra bastante clarificado. (Vogel, 1999)

#### **2.3.3.6. Cocción**

El lúpulo no es uniforme. Su variedad y calidad, así como su antigüedad, hacen que puedan obtenerse los mismos resultados con cantidades de lúpulo completamente distintas. Lo más decisivo para la dosificación del lúpulo es el gusto de quien vaya a consumir la cerveza. Ello hace que las fábricas de cerveza intenten estar muy al tanto de las preferencias del público. (Vogel, 1999)

De Mesones (2005), señala que los motivos principales para realizar la cocción son:

- Para obtener los componentes de amargor y aroma del lúpulo deseado.
- Para coagular y precipitar proteínas innecesarias.
- Para destruir encimas y evitar así que continúen con su efecto biológico.

- Para la esterilización del mosto.
- Eliminación de DMS (Dimetilo de Sulfuro).

Los efectos secundarios de la realización de la cocción son:

- Evaporación del agua para obtener la concentración deseada de extracto seco primitivo
- Coloración
- Acidificación del mosto.

Tanto el aroma como el amargor del lúpulo se extraen en el momento que estos son añadidos al mosto en cocción. Los alfa-ácidos se isomerizan con altas temperaturas y su amargor se disuelve en el mosto. No es conveniente hervir el lúpulo más de 60 minutos para no extraer los sabores astringentes de las flores. Las cocciones duran, por lo general, unas dos horas, pero muchas micro fábricas añaden el lúpulo en el momento que empieza la cocción para evitar que se produzca espuma que pueda desbordar la paila de cocción. (De Mesones, 2005)

Vogel (1999) señala que la cantidad de lúpulo, no se agrega por lo general de una vez al mosto, sino dividida en varias partes. Cada cervecero defiende su procedimiento y realmente aporta buenas razones para cada manera de incorporar el lúpulo.

#### **2.3.3.7. Separación del Lúpulo**

Vogel (1999), señala que después de cocer el lúpulo, los restos de éste deben separarse del mosto con ayuda de un cedazo esterilizado. Se utiliza un paño nuevo, de ninguna forma el cedazo utilizado en la filtración. Los posos del lúpulo quedan en el paño como una pasta verde.

#### **2.3.3.8. Enfriado**

Vogel (1999), señala que, para el cervecero aficionado, el enfriamiento no supone ningún tipo de problema de consideración, siempre que no elabore grandes cantidades de cerveza, utilizando hielo en salmuera. Tan pronto el mosto alcanza la temperatura de fermentación, se recomienda una última filtración, usando un paño nuevo. Con esto se mejora el sabor de la cerveza ya que el calor aún presente afectaría perjudicialmente a las levaduras.

El mismo autor menciona que en la zona térmica de 20-40°C proliferan con particular los gérmenes indeseables presentes en la cerveza, por lo que este rango debe atravesarse con rapidez.

De Mesones (2005), explica que el mosto cocido y recién filtrado debe enfriarse en un período no superior a 60 minutos hasta alcanzar la temperatura ideal para poder añadir la levadura. Según el tipo de levadura que se vaya a utilizar se situará entre 8 y 23 grados. Si no se enfría en este período corremos el peligro de infecciones bacteriológicas y de que se produzca un nivel superior de dimetilo de sulfato no deseado que impartirá a la cerveza un sabor a verduras cocidas (nada aconsejable y lamentablemente es un sabor encontrado en algunas cervezas de producción industrial).

#### **2.3.3.9. Oxigenación e inoculación**

De Mesones (2005), señala que el mosto habrá de ser oxigenado antes de añadir la levadura, esta oxigenación se puede realizar inyectando oxígeno o aire en el mosto o simplemente dejando caer al mosto por gravedad, provocando la formación de burbujas de aire, en el tanque de fermentación.

**Cuadro 14. Dosis equivalente de levadura liofilizada**

	<b>Conteo deseado de células en el mosto</b>	<b>Dosis equivalente de levadura</b>
<b>Levadura ALE</b>	4-6 E06 células/ml	50-80 g/hl
<b>Levadura LAGER</b>	8-12 E06 células/ml	80-120 g/hl

Fuente: Fermentis (2010)

#### **Baja tasa de inoculación**

Fermentis (2010), señala que trabajando con una tasa de inoculación baja pueden suceder casos adversos como:

- Retraso en el inicio de la fermentación
- Aumento de la competencia de tipo bacteriana o levaduras salvajes, que están siempre presentes en los tanques de fermentación,

- Incrementos de algunos aromas indeseados, como el acetaldehído, que revela aromas a pasto y manzanas verdes, y un tipo ésteres que se caracterizan por producir sabores a banana.
- Altos niveles de diacetilo, debido a su baja tasa de remoción por parte de la levadura. Estos también aumentan en caso de producirse una infección con *Pediococcus*.

### **Alta tasa de Inoculación**

Una tasa de inoculación elevada, desprende mucho calor e influye en la rapidez con la que se da inicio a la fermentación. Adicionalmente disminuye el pH rápidamente y ayuda a reducir la proliferación bacteriana; del mismo modo, se reduce la producción de diacetilo. (Fermentis, 2010)

#### **2.3.3.10. Primera fermentación**

De Mesones (2005), nos dice que esta primera fermentación consta de dos fases principales: la primera fase es donde la levadura consume únicamente el oxígeno contenido en el mosto para multiplicarse, y una segunda fase donde, a falta de oxígeno, empieza a consumir los azúcares. Lo ideal es disponer de un mosto muy oxigenado para que se reproduzca y multiplique la levadura lo máximo posible. El mismo autor señala que la fermentación se puede realizar a diferentes temperaturas según la cepa de levadura y el estilo de cerveza a elaborar. Como punto crítico está el control de estas temperaturas, ya que es esencial para conseguir cervezas de calidad. La duración de la fermentación depende de las temperaturas, de la concentración de azúcares, de la cantidad de oxígeno disuelto y del tipo de levadura utilizado, entre otras causas. Puede durar desde dos días hasta dos semanas.

#### **2.3.3.11. Trasiego**

En el trasiego debe generarse la menor cantidad posible de espuma. La formación de espuma significa siempre una pérdida de dióxido de carbono. Y, como es sabido, toda merma en la cantidad de dióxido de carbono supone un perjuicio para la calidad de la cerveza. (Vogel, 1999).

Gigliarelli (2016), establece que terminada la fermentación primaria y la reducción del diacetilo, se baja la temperatura a unos 10 °C para ralentizar el metabolismo de la levadura y separar el grueso de las células por decantación que se depositarán en la parte inferior del fermentador. Después de 2 o 3 días a esa temperatura, la cerveza se trasvasa cuidadosamente (evitando airearla) a otro recipiente, obviamente limpio y desinfectado.

#### **2.3.3.12. Segunda fermentación**

Después de la fermentación principal se inicia la maduración. En la primera fermentación la mayoría de CO<sub>2</sub> es extraído, mientras que en la segunda fermentación se procura que la cerveza retenga la mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, con lo que se conservará mejor, y más tarde, generará espuma y una agradable frescura al paladar. (Vogel, 1999)

Gigliarelli (2016), menciona que el rango óptimo de temperaturas para el trabajo de las levaduras del tipo Ale es más alto que para las Lagers. Como consecuencia de esto las condiciones de maduración serán también más cálidas (entre 12-20 °C), lo que hace que los azúcares residuales y de cebado se metabolicen con mayor rapidez y que la eliminación de sabores “verdes” se complete normalmente en 1-2 semanas dependiendo del tipo de cerveza, la cepa de levadura, la composición del mosto y las condiciones de fermentación primaria. A esas temperaturas aumenta la formación de diacetilo, pero a la vez, la levadura hace una reducción mucho más rápida del mismo.

Vogel (1999), señala que en la segunda fermentación la temperatura debe ser menor que en la primera fermentación ya que se puede producir la “turbidez en frío”, donde la cerveza esta inicialmente clara y al enfriarla se enturbia. Esta se puede eliminar con una filtración antes de botella, sin embargo, al tratarse de una cerveza artesanal muchas veces esta turbidez es deseada, ya que adquiere una característica que la diferencia de la cerveza industrial.

Con esto se logra que la cerveza termine de fermentar los azúcares restantes y al mismo tiempo reduce la capa de sedimentos, obteniendo una cerveza más cristalina. (Carvajal e Insuasti, 2010)

#### **2.3.3.13. Embotellado y Carbonatación**

El cervecero debe decidir si quiere envasar su cerveza de una u otra forma. Característica del barril es el hecho de exigir mucho menos trabajo, y, sobre todo, que tiene siempre carácter profesional. Sin embargo, la cerveza de barril se torna insípida con gran rapidez una vez abierto el tonel, a pesar d utilizar ácido carbónico, también resulta mantenerla fría largo tiempo. En cambio, la cerveza embotellada se conserva fresca, porque la botella solo se abre en el momento de beber la cerveza. (Vogel, 1999)

González (2004), señala que la carbonatación en la cerveza es un acto de equilibrio entre la temperatura y la presión. En general, cuanto menor sea la temperatura y cuanto mayor sea la presión, más gas CO<sub>2</sub> permanecerá en solución. Existen métodos para determinar la cantidad de azúcar que se debe agregar para obtener el CO<sub>2</sub> de acuerdo a la temperatura en la que se embotellará, al tipo de fermentación y al tipo de azúcar empleado en la cerveza, sin embargo, para términos prácticos se trabajará con 5 g/l.

#### **2.3.3.14. Tercera fermentación (en botella)**

La levadura vuelve a fermentar debido a la adición de azúcar para producir CO<sub>2</sub> (Obregón, 2010)

#### **2.3.3.15. Almacenado**

Temperatura ambiente en un ambiente seco y limpio.

#### **2.3.4. Evaluación sensorial de la cerveza**

Crespo y Soldevilla (1991), lo definen como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de los alimentos que se perciben por los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto, por lo tanto, la evaluación sensorial no se puede realizar mediante aparatos de medida, el “instrumento” utilizado son personas.

Pérez y Boan (2008) señalan que se puede realizar un análisis sensorial de los atributos de la cerveza mediante los sentidos (vista, olfato, gusto y tacto), obteniendo datos cuantificables y objetivos. Es una herramienta útil para medir atributos en cerveza artesanal.

##### **2.3.4.1. Escalas afectivas: Escala hedónica**



De la Presa (2002), señala que estas pruebas sensoriales tratan de evaluar el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado. Tienen como finalidad determinar el grado de aceptación o preferencia que el consumidor tiene.

Castañé (2002), señala que es el uso de personas (panelistas) para conseguir información sobre las cervezas de interés, o también el uso de cervezas para conseguir información sobre la respuesta de las personas(consumidores) a atributos específicos o un grupo de atributos. También señala que las pruebas sensoriales se aplican a las siguientes funciones:

- Desarrollo y reformulación de productos.
- Reducción de costes.
- Seguimiento de los productos de la competencia.
- Control de calidad y aseguramiento de la calidad.
- Especificación de las materias primas.
- Especificación sensorial de un producto.
- Estabilidad en el almacenamiento

#### **2.3.4.2. Fases**

Pérez y Boan (2008), mencionan que existen 5 fases en la evaluación sensorial de la cerveza:

##### **a) Fase visual**

Aquí se inspecciona la botella, la cerveza al ser servida en el vaso, el color, la efervescencia y la espuma.

El sentido de la vista permite observar la gama de colores de las cervezas, su espuma y transparencia. Esta bebida exhibe una paleta de colores muy amplia que abarca del claro al oscuro atravesando todas las gamas del amarillo, el rojo y el naranja.

Frente a la vista, la cerveza puede ser opaca, turbia (a causa de las levaduras en suspensión), venada (si el crudo no ha sido filtrado), transparente, límpida (muy filtrada) y cristalina (ultrafiltrada).

##### **b) Fase olfativa**

Se determinan las sustancias volátiles de carácter aromático. Al oler la cerveza, lo primero que se aprecia es la fuerza e intensidad de su aroma, a continuación, sus características (muy fina, distinguida, ordinaria o grosera) y finalmente su carácter. Al instante se distinguen sus componentes a través del ligero fume de la levadura, un tanto acre y herbáceo.

#### **c) Fase gustativa**

El primer sorbo despierta la lengua y humedece las papilas. Al dar un segundo sorbo se detecta que la cerveza puede ser más o menos dulce, así como su suavidad al llenar la boca sin agresividad alguna, condensando armoniosamente las diversas sensaciones.

#### **d) Impresión final**

La persistencia del aroma de boca y del gusto, así como sensaciones debidas al tacto son las que configuran la impresión en su conjunto.

#### **e) Puntuación**

De acuerdo a la escala que se presente.

### **2.3.5. Diseño factorial**

Los diseños que permiten experimentar en todas las combinaciones de variables y niveles se denominan diseños factoriales. Este tipo de diseños presenta varias ventajas: permiten, utilizados secuencialmente, acercarse al óptimo y detectar interacciones, proporcionando estimaciones de los efectos de las variables con una varianza reducida y son relativamente sencillos de construir y analizar.

#### **2.3.5.1. Diseño factorial completo general**

Un diseño factorial completo es un diseño en el cual los investigadores miden las respuestas con todas las combinaciones de los niveles de los factores. Existen situaciones donde los factores (o algunos factores) tienen diferentes niveles. Estos reciben el nombre de diseños factoriales con niveles mixtos. (Montgomery, 2004)

#### **Modelo de un diseño bifactorial**

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}; \begin{cases} i = 1, 2, \dots; a \\ j = 1, 2, \dots; b \\ k = 1, 2, \dots; n \end{cases}$$

Donde:

- $\mu$ : Efecto medio global de la variable de respuesta.
- $\alpha_i$  es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel  $i$  del factor A.
- $\beta_j$  es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel  $j$  del factor B.
- $(\alpha\beta)_{ij}$  el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel  $i$  del factor A y el nivel  $j$  del factor B.
- $\varepsilon_{ijk}$  el término del error.

### Hipótesis

#### a. Para el factor A

$H_0: \alpha_i = 0$ , el factor A no influye

$H_1: \alpha_i \neq 0$ , el factor A influye

#### b. Para el factor B

$H_0: \beta_j = 0$ , el factor B no influye

$H_1: \beta_j \neq 0$ , el factor B influye

#### c. Para la interacción AxB

$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$ , no hay interacción

$H_1: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ , hay interacción

### Análisis de varianza

**Cuadro 15. ANVA para el diseño bifactorial**

F.V	G.L.	SC	CM	F
Factor A	a - 1	SC <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> / CME
Factor B	b - 1	SC <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> / CME
Interacción (AB)	(a - 1) (b - 1)	SC <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> / CME
Error AB	ab (n - 1)	SCE	CME	

Total	abn - 1	SCT		
-------	---------	-----	--	--

Fuente: (Montgomery, 2004)

### 2.3.5.2. Diseño en parcelas divididas

Este es un diseño experimental combinado que resulta útil cuando al estudiar simultáneamente varios factores, alguno o algunos de ellos deben ser aplicados sobre unidades experimentales relativamente grandes, pudiéndose aplicar el otro o los otros en unidades experimentales menores, dentro de las unidades mayores. El caso más sencillo es aquél en el que se tienen sólo dos factores, asignando los niveles de uno de ellos a las unidades mayores y los niveles del otro a las subunidades. A las unidades experimentales mayores suele llamárseles parcelas grandes o parcelas principales y a las unidades experimentales menores se le llama subparcelas o subunidades.

#### Modelo de un diseño en parcelas divididas

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk}; \begin{cases} i = 1, 2, \dots; a \\ j = 1, 2, \dots; b \\ k = 1, 2, \dots; c \end{cases}$$

Donde:

- $y_{ijk}$ : Efecto (variable de respuesta) en el i-ésimo bloque (factor A) de la j-ésima parcela completa (factor B) y k-ésima subparcela (factor C).
- $\mu$ : Efecto medio verdadero de la variable de respuesta.
- $\tau_i, \beta_j$  y  $(\tau\beta)_{ij}$  representan la parcela completa y corresponden, respectivamente, a los bloques (factor A), los tratamientos principales (factor B) y el error de la parcela completa (AB).
- $\gamma_k, (\tau\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}, (\tau\beta\gamma)_{ijk}$  representan a la sub-parcela y corresponden, respectivamente, al tratamiento de la subparcela (factor C), a las interacciones AC

#### Hipótesis

##### d. Para el tratamiento principal o parcela completa (factor B)

$$H_0: \beta_j = 0, \text{ para todo } j = \overline{1, b}$$

$$H_1: \beta_j \neq 0, \text{ para todo } j = \overline{1, b}$$

**e. Para el tratamiento de la sub-parcela (factor C)**

$$H_0: \gamma_k = 0, \text{ para todo } k = \overline{1, c}$$

$$H_1: \gamma_k \neq 0, \text{ para todo } k = \overline{1, c}$$

**f. Para las interacciones entre las parcelas completas y sub-parcelas BC**

$$H_0: (\beta\gamma)_{jk} = 0, \text{ para todo } j = \overline{1, b}, k = \overline{1, c}$$

$$H_1: (\beta\gamma)_{jk} \neq 0, \text{ para todo } j = \overline{1, b}, k = \overline{1, c}$$

**Análisis de varianza**

**Cuadro 16. ANVA para el diseño en parcelas divididas**

<b>F.V</b>	<b>G.L.</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>
Bloques (A)	a - 1	SC <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub>	
Parcela completa (B)	b - 1	SC <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> / CME <sub>AB</sub>
Error AB (parcela completa)	(a - 1) (b - 1)	SCE <sub>AB</sub>	CME <sub>AB</sub>	
Sub parcela (C)	c - 1	SC <sub>C</sub>	CM <sub>C</sub>	CM <sub>C</sub> / CME <sub>ABC</sub>
Interacción (AC)	(a - 1) (c - 1)	SC <sub>AC</sub>	CM <sub>AC</sub>	
Interacción (BC)	(b - 1) (c - 1)	SC <sub>BC</sub>	CM <sub>BC</sub>	CM <sub>B</sub> / CME <sub>ABC</sub>
Error ABC (sub parcelas)	(b - 1) (a - 1) (c - 1)	SCE <sub>ABC</sub>	CME <sub>ABC</sub>	
Total	abc - 1	SCT		

(Montgomery, 2004)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis general**

- Se formula y caracteriza la cerveza artesanal tipo ale partir de cebada malteada y vaina de algarroba mediante el procedimiento desarrollado.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Los parámetros de elaboración de la cerveza artesanal tipo ale a partir de cebada malteada y vaina de algarroba son temperatura y densidad.
- Las variables formulación y cantidad de lúpulo ejercen efecto significativo en los parámetros físico químicos de la cerveza artesanal tipo ale.

- La formulación de mayor aceptación de cerveza artesanal tipo ale es 40% de vaina de algarroba (*Prosopis Pallida*) y 60% de cebada malteada (*Hordeum Vulgare*).
- Las características microbiológicas de la cerveza obtenida de mayor aceptación se encuentran en los rangos establecidos por la NTP 213.014 (2014)

### 2.4.3. Variables y operacionalización

Las variables definidas para la presente investigación son:

**Cuadro 17. Variables de la investigación**

VARIABLE	DEFINICIÓN VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
INDEPENDIENTES			
Formulación	Son las diferentes concentraciones de materias primas que componen el producto	Diferentes concentraciones de cerveza verde obtenidos de vaina de algarroba y cebada malteada definidas por % de algarroba vs % de cebada.	F <sub>1</sub> : 80% de algarroba y 20% de cebada.
			F <sub>2</sub> : 70% de algarroba y 30% de cebada.
			F <sub>3</sub> 60% algarroba y 40% de cebada.
			F <sub>4</sub> : 50% de algarroba y 50% de cebada.
			F <sub>5</sub> : 40% de algarroba y 60% de cebada.
Cantidad de lúpulo	El lúpulo es el componente que determina el carácter de la cerveza.	Diferentes cantidades de lúpulo agregadas en distintos tiempos medidos en g/l de mosto	C <sub>1</sub> : 0.8g/l en los diferentes mostos.
			C <sub>2</sub> : 1.0 g/l en los diferentes mostos.
			C <sub>3</sub> : 1.2g/l en los diferentes mostos.
DEPENDIENTES			
Nivel de aceptación	Puntaje obtenido a través de la	Calificación en puntos obtenidos en	Apariencia

	calificación de tres atributos que se perciben a través de los sentidos. Aquí encontramos apariencia, olor y sabor.	los diversos atributos a través de una prueba hedónica de 5 puntos realiza en jueces semientrenados.	Olor
			Sabor
			Impresión final
Requisitos físico químicos.	Son los términos que se usan para definir los requerimientos de los cuerpos regulatorios. Aquí encontramos: Amargor (Sabor), Presencia y permanencia de espuma, Grado Alcohólico, pH Densidad (inicial y final) y color	Capacidad espumante: transmite la primera impresión del producto	%
		pH: influye desde el inicio hasta el final de los procesos en la elaboración del producto.	unidad logarítmica
		Color: desde el amarillo al ámbar	EBC
		Carbonatación: La cerveza debe contener un mínimo de 0.3% según la NTP 213.014	Volúmenes de CO <sub>2</sub>
		Amargor (Sabor): el sabor es determinante en la elección del consumidor	°IBU
		Grado Alcohólico: determina el contenido de alcohol etílico	% (v/v)
		Densidad (inicial y final): indica la cantidad de azúcares en solución	°Plato
Requisitos microbiológicos	Definen los requerimientos microbiológicos presentes en la cerveza, intervienen definiciones de inocuidad y salud en los alimentos.	Recuento total de microorganismos mesófilos: La cerveza posee un mínimo tolerable de estos organismos.	UFC/ml <100
		Recuento total de mohos y levaduras: Naturalmente se pueden encontrar en	UFC /ml <20



		la cerveza y en cualquier producto obtenido por fermentación.	
		Coliformes y microorganismos patógenos: Un producto alimenticio debe estar libre de coliformes y patógenos.	( ufc/mL) Ausencia
Composición química proximal de la cerveza	La cerveza posee características nutricionales debido a sus materias primas e insumos utilizados. Estas características son: humedad, proteínas, lípidos, carbohidratos, alcohol etílico y cenizas.	Humedad: agua contenida en el producto.	%
		Proteínas: determinado por el contenido de Nitrógeno presente.	%
		Carbohidratos: Aquellos que las levaduras no lograron transformar en alcohol.	%
		Alcohol etílico: Producto de la fermentación de las levaduras	%
		Cenizas: compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles como los minerales.	%

### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El desarrollo experimental se llevó a cabo en las instalaciones del CEIA (Centro de Enseñanza e Investigación Agroindustrial) de la Universidad Nacional de Piura, durante los meses de junio y julio del 2017.

#### 3.2. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

##### **Materia prima**

- Malta Pale Ale 5 BestMalz. obtenida por compra vía portal web. <http://www.cervecerosartesanales.com/venta-de-insumos>
- Vainas de algarroba *P. pallida p.* provenientes de San Vicente – Cieneguillo-Sullana.

##### **Insumos**

- Agua de caño.
- Agua de mesa PUQUIO - Piura.
- Agua destilada.
- Azúcar rubia CARTAVIO x 2 kg.
- Hielo en salmuera.
- Levadura liofilizada US-04 Safale ale Fermentis. obtenida por compra vía portal web. <http://www.cervecerosartesanales.com/venta-de-insumos>
- Lúpulo Columbus USA 16% aa. obtenida por compra vía portal web. <http://www.cervecerosartesanales.com/venta-de-insumos>

##### **Materiales:**

- Air lock.
- Autosifón.
- Bolígrafos.
- Botellas de vidrio de 620 ml color ámbar.
- Cápsula de porcelana de 50-100 cm.
- Cápsula de porcelana de 50-100 cm.

- Chapas de aluminio corona plateadas.
- Coladora para extraer espuma.
- Crisol.
- Cronómetro.
- Cucharón de acero inoxidable.
- Desecador.
- Embudo de cola larga de 6 cm de diámetro.
- Embudo sin vástago.
- Enchapadora cangrejo.
- Garrafa plástica (sparkling) de 10 litros.
- Garrafa plástica (sparkling) de 20 litros.
- Hojas de papel bond A4.
- Jarras graduadas diferentes capacidades.
- Manguera sanitaria de ½ pulgada para elaborar sifón.
- Papel de filtro.
- Papel tissue.
- Tapón de silicona N°10 para airlock (botellón).

#### **Instrumentos:**

- Agitador
- Agitador magnético de 2000 rpm.
- Aparato de perforación con manómetro de acero inoxidable 304 modelo 25 FS, Marca PALMER.
- Balanza analítica capacidad: 200gr. Mod. No AP210S.OHAUS.
- Balanza con sensibilidad de  $\pm 0,0001$  g.
- Balanza con sensibilidad de  $\pm 0,1$  g máximo.
- Balanza gramera.
- Balón de Kjeldah.
- Bureta de 50 mL, graduada en décimas;
- Campana desecadora.
- Condensador de reflujo.

- Cooler grande capacidad 40 litros.
- Densímetro Stevenson Rango 0.990 – 1.160 g/mL.
- Equipo de baño maría con control de temperatura.
- Fiolas de distintas capacidades para contener los distintos reactivos.
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL;
- Matraz aforado de 1 000 mL;
- Matraz Erlenmeyer de 50 mililitros.
- Matraz Erlenmeyer de 500 ml.
- Matraz Kjeldahl de 500 ml.
- Mezcladores.
- Molino casero de cereales.
- Múltiples filtros de tela.
- Olla de hervido de acero inoxidable con grifo, capacidad 40 litros.
- Parrilla con regulador de temperatura.
- Parrilla eléctrica, o cualquier otra fuente calórica;
- Perlas de vidrio (2 mm a 3 mm de diámetro);
- Pinzas para matraz
- Pipeta graduada de 10 mL;
- Pipetas de 5 mililitros.
- Probetas graduadas diferentes capacidades
- Termómetro manual alemán.
- Trampa Kjeldahl.
- Tubo de ensayo pyrex.
- Vasos de precipitado de diferentes capacidades.

### **Equipos**

- Equipo de destilación.
- Equipo de titulación.
- Espectrofotómetro COLEMAN Junior 2, Modelo 6/20 II
- Espectrofotómetro.
- Estufa VWR Scientif 1350 GM.

- Extractor Soxhlet.
- Mufla con control de temperatura marca SCIENTIFIC
- pH metro – TRACER 1741 - LaMotte.
- Refractómetro Marca Atago.

## **Reactivos**

- Ácido fosfórico 0.5n.
- Ácido sulfúrico concentrado (de 1.84).
- Agar dextrosa de papa acidificado
- Alcohol etílico.
- Caldo lauril sulfato triptosa.
- Dextrosa
- Hexano.
- Hidróxido de sodio al 1.25%.
- Hipoclorito de sodio.
- Oxalato de sodio anhidro
- Solución A: Sulfato de cobre.
- Solución B: Alcalina de tartrato de sodio y potasio.
- Solución catalizadora.
- Solución de ácido Clorhídrico 0.1 N (Libre de Nitrógeno).
- Solución de Cobre o Selenio.
- Solución de Hidróxido de Sodio 0.1 N (libre de carbonatos).
- Solución de hidróxido de sodio al 50 %.
- Solución de Hidróxido de Sodio al 50%.
- Solución de yodo 0.2 N.
- Solución indicadora de azul de metileno.
- Solución tampón de pH 4 y 7.
- Solución tampón pH 4,0.
- Solución tampón pH 7,0.
- Sulfato de Potasio (libre de N).

### 3.3. METODOLOGÍA.

Se elaboraron dos mostos por separado:

- Mosto a partir de cebada malteada.
- Mosto a partir de la vaina de algarroba.

Los mostos fueron enfriados y oxigenados, posteriormente se mezclaron en función a su volumen, fermentando en el mismo sparkling de 20 litros.

#### 3.3.1. Elaboración de mosto a partir de cebada malteada

##### a) Pesado

En términos prácticos, se seguirán las siguientes relaciones:

**Cuadro 18. Cantidades de materia prima e insumos para cerveza verde de malta**

Materia prima e insumos	Unidades	Cantidad
Malta	Kg	1
Agua	l de agua /Kg de malta	Agua Principal 4:1
	l de agua/l de mosto	Agua de Posvertido 1:1
Levadura liofilizada	g/l de mosto	0.5
Lúpulo pellet	g/l de mosto	C <sub>1</sub> : 0.8 C <sub>2</sub> : 1.0 C <sub>3</sub> : 1.2

##### b) Triturado

Se realizó con ayuda de un molino de cereales. Se debe fragmentar, más no volverla harina. Se considera destruir la cáscara lo menos posible pues ésta sirve de lecho filtrante en la operación de filtración del mosto (Obregón, 2010).

### **c) Pre-Maceración**

Se mezcló cebada malteada con agua en relación 2:3 en una olla de acero inoxidable con grifo a 35°C obteniéndose una mezcla espesa. Se regula el pH a 5.5 con la adición de ácido fosfórico 0.5N.

### **d) Maceración**

La mezcla fue trasladada a un cooler de capacidad 40 litros para asegurar que la temperatura se mantenga en el tiempo evitando la fuga de calor.

La mezcla fue sometida a sucesivos tratamientos térmicos agregando el agua principal restante. Se dividió en tres:

- 53°C x 30 minutos. Agitamos cada 10 minutos
- 65°C x 30 minutos. Agitamos cada 10 minutos.
- 78°C x 10 minutos. No se agita para que se pueda sedimentar. El pH se regula después de cada adición de agua.

El indicador de finalización del proceso de macerado fue la utilización de una solución de yodo 0.2N, la cual se mezcló con una muestra del mosto, observándose que ésta no altere el color de la tintura. Esta prueba debe hacerse a temperatura ambiente. (De Mesones, 2005).

### **e) Filtración y lavado**

Se trasladó el macerado a la olla de acero inoxidable. Previamente se coloca un filtro de tela.

Se realizó el filtrado, aquí se obtiene el bagazo que será un lecho filtrante constituido por las glumas y glumillas de la malta. Una vez filtrado, se calentó agua a 78°C (agua de posvertido) y se adicionó pasando por el filtro formado por el bagazo, esta operación recibe el nombre de lavado, con ello se disuelven los componentes de la cerveza que todavía existen en el bagazo.

Se debe llegar a una densidad mínima de 1,025 g/cm<sup>3</sup> antes de la cocción. °Brix: 6 a 6,5. (Carvajal e Insuasti, 2010)

#### **f) Cocción**

Esta operación consiste en llevar al mosto, previamente filtrado en la olla de maceración, a una ebullición fuerte y constante a 90 °C X 90 minutos. Se trabajó con tres cantidades de lúpulo (0.8 g/l de mosto, 1.0 g/l de mosto y 1.2 g/l de mosto)

Cada cantidad de lúpulo se añadió en 3 tiempos. Tan pronto como comenzó la ebullición, se adicionó al mosto el 50% del total del lúpulo (lúpulo de amargor), a los 30 minutos se añadió el 25% del total de lúpulo (lúpulo de sabor) y a los 65 minutos se añadió el 25% restante, el cual representó al lúpulo de aroma. (Carvajal e Insuasti, 2010)

Densidad aproximada 1'045-1'050. °Brix: 12,0 a 12,5.

#### **g) Separación del Lúpulo**

Se realizó un filtrado para separar el lúpulo de la cerveza. El lúpulo queda en el paño como una pasta verde. Se hace un remolino (whirlpool), logrando que se junte toda la borra en el medio, tipo cono, facilitando su extracción con ayuda de una espumadera. (Rodríguez, 2015)

#### **h) Enfriado**

Vílchez (2005), citado por Rodríguez (2015) señala que, en este proceso, el mosto clarificado se traslada a otra olla de acero, la cual fue colocada sobre una cama de hielo con el objeto de enfriar el mosto hasta la temperatura óptima para la inoculación de la levadura. En el caso de la cerveza tipo Ale esta temperatura óptima fue de 20 °C.



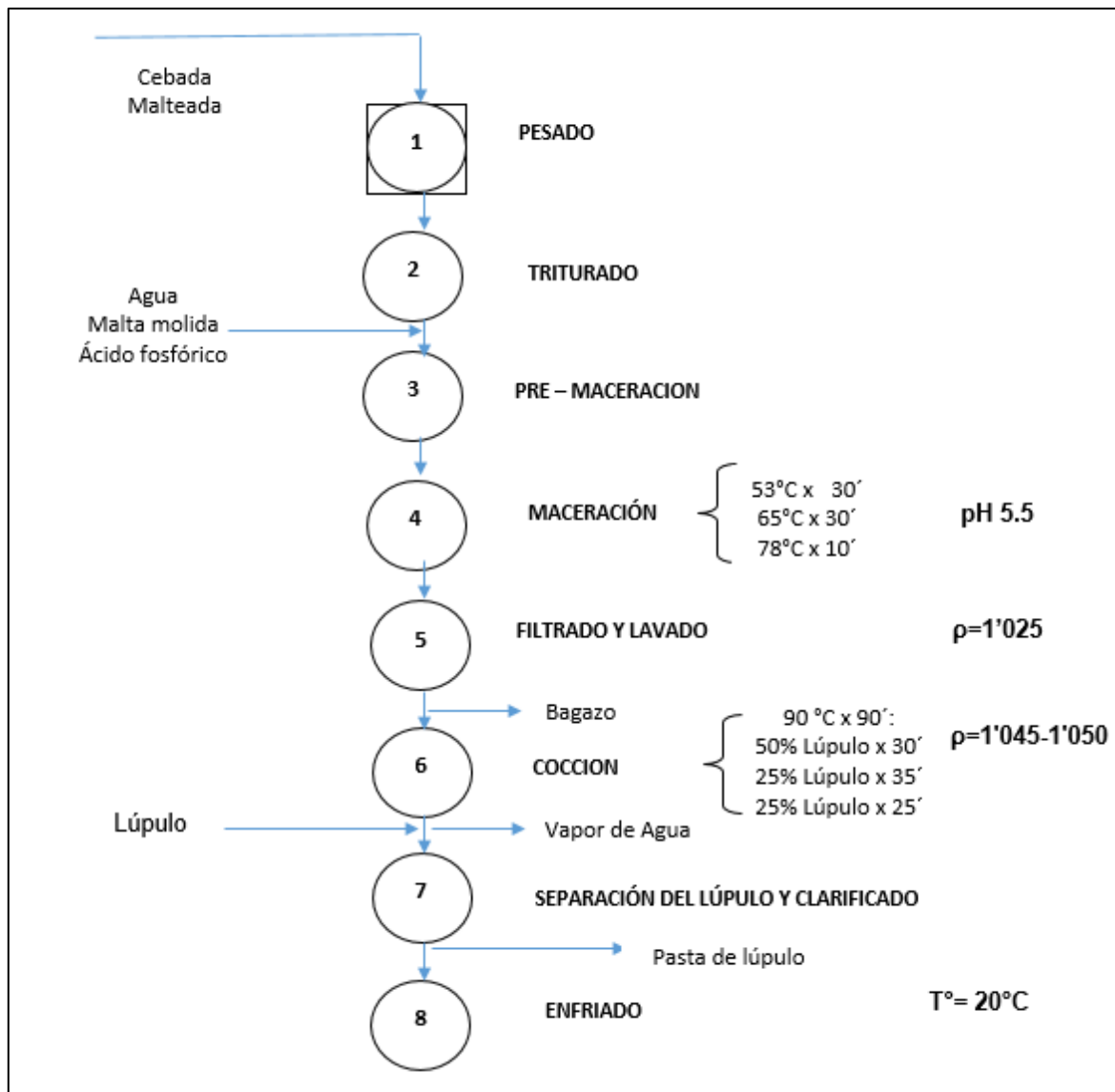


Figura 8. Diagrama de operaciones - Elaboración de mosto a partir de cebada malteada.

### 3.3.2. Elaboración de mosto a partir de vaina de algarroba

#### a) Pesado

Ferriol (2012) señala que para obtener 15-18 l de cerveza de algarroba se necesitan: 25 l. de agua, 2 kg de picadillo de algarroba, 30 g de lúpulo seco, 1 sobre de 10-11 g de levadura seca.

En términos prácticos, se siguieron las siguientes relaciones:

**Cuadro 19. Cantidades de materia prima e insumos para cerveza verde de algarroba**

<b>Materia prima e insumos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>
Picadillo de algarroba	Kg	1
Agua	L de agua / Kg de algarroba	Principal 10 : 1
	L de agua/ l de mosto	Posvertido 2.5 : 10
Levadura liofilizada	g/l de mosto	0.5
Lúpulo pellet	g/l de mosto	C <sub>1</sub> : 0.8
		C <sub>2</sub> : 1.0
		C <sub>3</sub> : 1.2

#### b) Triturado

La algarroba se volvió picadillo usando un molino de cereales. Se puede realizar con el molino anterior, sin embargo, éste debe estar completamente limpio.

#### c) Maceración

Ferriol (2012) nos dice que el agua principal se lleva a 70°C. El picadillo se colocó en el cooler y posteriormente, se adiciona el agua principal con relación 10:1. Se dejó macerar por 1 hora manteniendo la temperatura a 70°C. Una vez transcurrido este tiempo, se realiza la prueba del yodo a temperatura ambiente. Si la prueba es negativa se deja macerar por más tiempo.

#### **d) Filtrado**

Se trasladó el macerado a una olla de acero inoxidable, se realizó un filtrado con tela. Se recomienda no utilizar el cedazo de tela usado con anterioridad. Se forma un lecho filtrante de cáscara, carozo, semillas y resto de pulpa. Se adiciona el agua de posvertido pasando por el lecho filtrante a 70 °C. Ferriol (2012) señala que una densidad aceptable es de 1'015-1'020, °Brix: 3,7 a 4,0.

#### **e) Cocción**

Esta operación consiste en llevar al mosto, previamente filtrado en la olla de maceración, a una ebullición fuerte y constante a 90 °C X 90 minutos. Se trabajó con tres cantidades de lúpulo: 0.8 g/l de mosto; 1.0 g/l de mosto y 1.2 g/l de mosto

Cada cantidad de lúpulo se añadió en 3 tiempos. Tan pronto como comenzó la ebullición, se adicionó al mosto el 50% del total del lúpulo (lúpulo de amargor), a los 30 minutos se añadió el 25% del total de lúpulo (lúpulo de sabor) y a los 65 minutos se añadió el 25% restante, el cual representó al lúpulo de aroma. (Carvajal e Insuasti, 2010)

Densidad aproximada 1'025-1'030. °Brix: 7,5 a 8,0.

#### **f) Separación de lúpulo**

Se realizó un filtrado para separar el lúpulo de la cerveza. Se realiza el mismo procedimiento de clarificado descrito anteriormente. Se recomienda no utilizar el cedazo de tela usado con anterioridad.

#### **g) Enfriado**

El mosto clarificado se trasladó a otra olla de acero, la cual fue colocada sobre una cama de hielo con el objeto de enfriar el mosto hasta la temperatura óptima para la inoculación de la levadura. En el caso de la cerveza tipo Ale esta temperatura óptima fue de 20 °C.

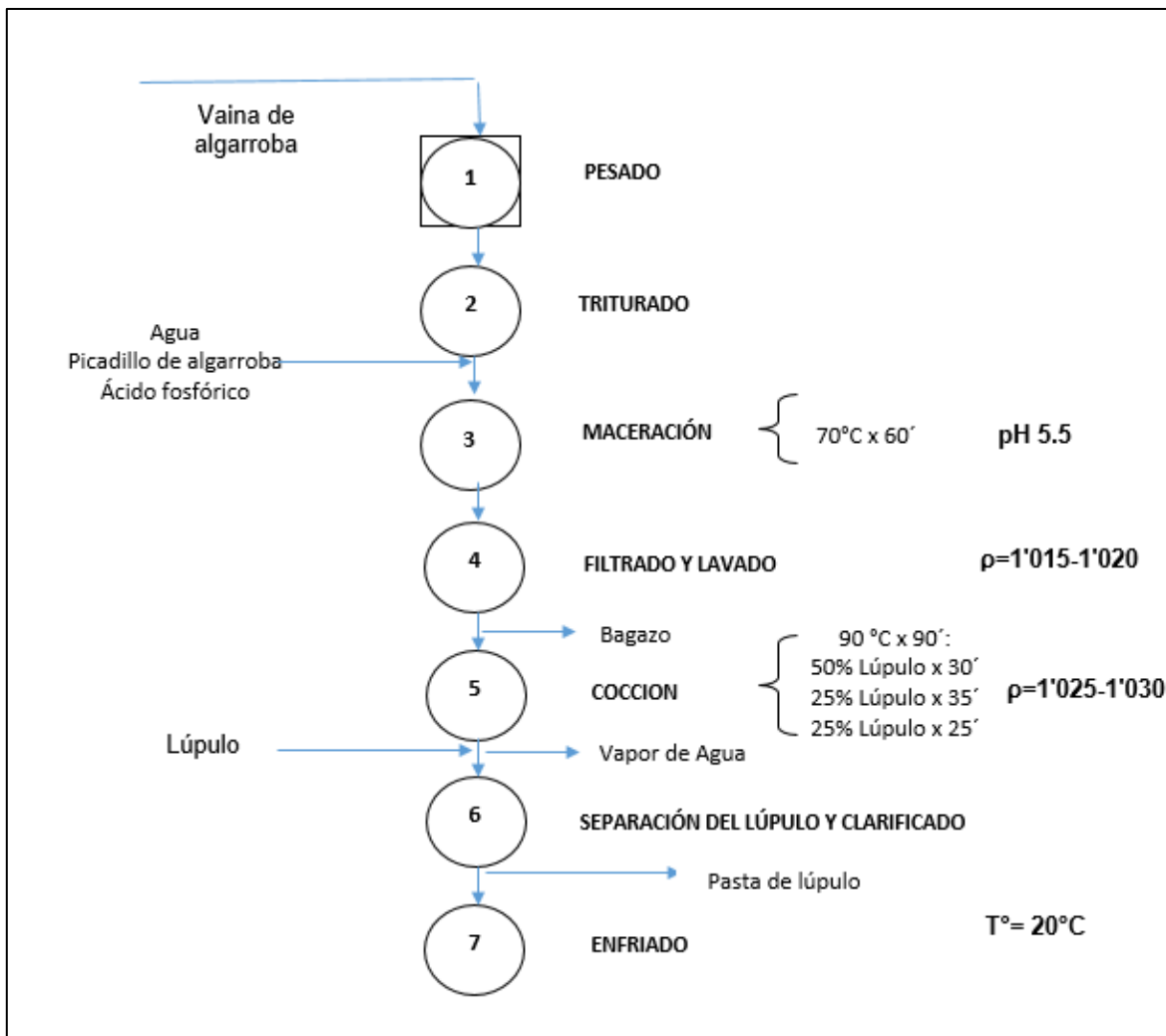


Figura 9. Diagrama de operaciones - Elaboración de mosto a partir de vaina de algarroba.

### 3.3.3. Mezcla de mostos y fermentaciones.

#### a) Mezclado

Se realizó el mezclado volumétrico de los mostos según las formulaciones detalladas. Las mediciones de volumen se realizaron con ayuda de una jarra volumétrica de 5 litros. En este proceso la higiene es crítica, por lo que se desinfectó el área de trabajo adecuadamente.

Cada mezcla de mostos fue colocada en sparkling de 20 litros con ayuda de un embudo y una tela filtrante.

**Cuadro 20. Relación (en litros) de cerveza verde de algarroba y cebada**

<b>Relación algarroba - cebada</b>	<b>Cerveza verde de algarroba (l)</b>	<b>Cerveza verde de cebada (l)</b>	<b>Total (l)</b>	<b>Total neto (l)</b>
Cantidad lúpulo 0.8 g/l				
80 / 20	10,4	2,6	13	10
70 / 30	9,1	3,9	13	10
60 / 40	7,8	5,2	13	10
50 / 50	6,5	6,5	13	10
40 / 60	5,2	7,8	13	10
Cantidad lúpulo 1.0 g/l				
80 / 20	10,4	2,6	13	10
70 / 30	9,1	3,9	13	10
60 / 40	7,8	5,2	13	10
50 / 50	6,5	6,5	13	10
40 / 60	5,2	7,8	13	10
Cantidad lúpulo 1.2 g/l				
80 / 20	10,4	2,6	13	10
70 / 30	9,1	3,9	13	10
60 / 40	7,8	5,2	13	10
50 / 50	6,5	6,5	13	10
40 / 60	5,2	7,8	13	10
<b>TOTAL</b>	<b>117</b>	<b>78</b>	<b>195</b>	<b>150</b>

#### **b) Oxigenación e inoculación**

La levadura se añade a un recipiente de plástico en donde previamente se adicionó 1L de mosto a 20 °C, agitándose constantemente con una cuchara de acero por 15 minutos para oxigenar el medio y despertar y/o activar a la levadura. A continuación, se procede a dejar reposar la levadura por espacio de 15 minutos para que se adecuase al medio (De Mesones, 2005). Se van a utilizar 0.5 gr de levadura liofilizada por cada litro de mosto.

#### **c) Primera fermentación**

Se adicionó la levadura preparada en el sparkling fermentador, se cierra herméticamente con el tapón de goma y se coloca el air lock con agua dentro, el cual sirve para dejar escapar el gas generado por la fermentación y evitar así que el fermentador pueda explotar producto de la presión generada por el gas. (Carvajal e Insuasti, 2010). El periodo de fermentación es de 7 días a 20°C al ser una levadura de fermentación alta. (Rodríguez, 2015).

#### **d) Trasiego**

La cerveza verde fue trasladada a otro sparkling con capacidad de 10 litros hasta arriba, con lo que no queda apenas aire, así evitamos el riesgo de oxidación. Esta operación se realizó con la ayuda de un sifón, debe generarse la menor cantidad posible de espuma y traspase de levaduras muertas encontradas en la superficie.

#### **e) Segunda fermentación (maduración)**

Se realizó un baño maría invertido, para mantener entre 12°C a 15°C la cerveza por el periodo de 2 semanas para que la cerveza madure.

#### **f) Embotellado y Carbonatación**

Medimos la densidad para detectar que la fermentación primaria y secundaria ha terminado. Debe estar entre 1'010-1'015. Se trasladó la cerveza sin sedimentos de las garrafas hacia las botellas con ayuda de una manguera hermética por gravedad (Autosifón). Las botellas están previamente esterilizadas.

Previamente, se preparó una solución de sacarosa teniendo en cuenta una cantidad de 5 g sacarosa/ Litro de cerveza. Dicha solución se agregó a cada botella con la ayuda de una jeringa graduada. Este proceso también es conocido como carbonatación natural. Seguidamente, se llena cada una de las botellas, se colocó una chapa corona plateada y con ayuda de la enchapadora cangrejo, las botellas fueron selladas. (Vílchez, 2005, citado por Rodríguez, 2015)

#### **g) Tercera fermentación (en botella)**

Esta operación consistió en almacenar las botellas llenas durante 5 días a 20 °C con la finalidad de que la levadura vuelva a fermentar y produzca CO<sub>2</sub> (Obregón, 2010).

#### **h) Almacenado**

Debemos mantener las botellas de cerveza en un ambiente que no supere los 30°C. Las cervezas deben colocarse paradas, más no de lado, en un lugar alejado de la luz del sol.

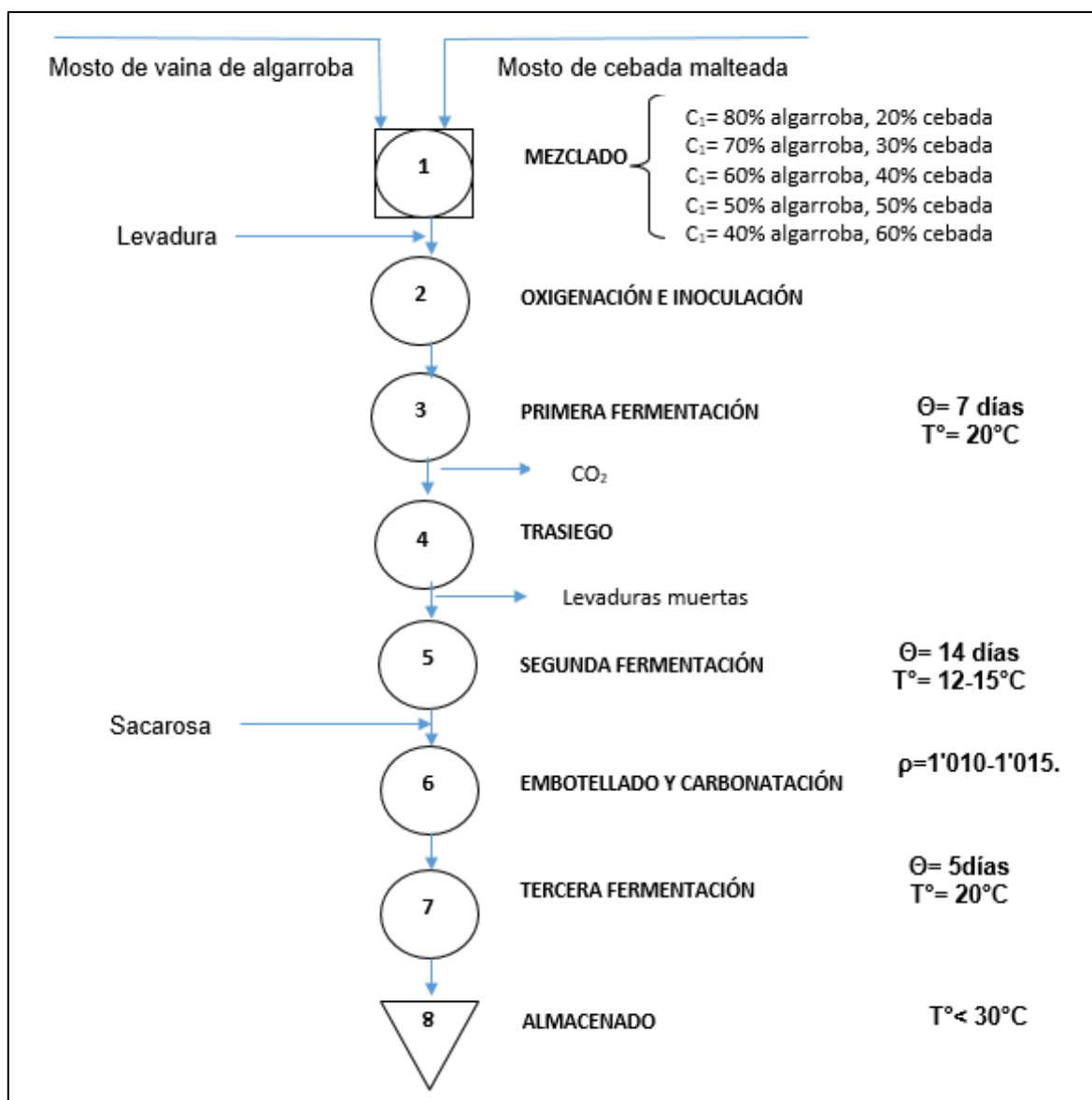


Figura 10. Diagrama de operaciones - Elaboración de cerveza ale a partir de algarroba y cebada malteada.



### **3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.**

#### **3.4.1. Calidad en cerveza**

Se determinaron distintos parámetros contemplados en la norma técnica NTP 213.014 y aquellos que son necesario controlar para obtener una cerveza estandarizada y con características aceptables.

##### **3.4.1.1. Capacidad espumante (Método Constant)**

#### **Equipos, materiales y reactivos usados:**

- Agitador magnético.
- Vaso de precipitado.

#### **Procedimiento:**

La capacidad espumante se determinó mediante el método Constant (Romero et al, 2013), en el cual se tomó 40 ml de muestra de cerveza ( $V_L$ ), la cual se sometió a agitación, haciendo uso de un agitador magnético, durante diez minutos a una velocidad de 2000 rpm. Tras la agitación, se realizó la medición del volumen del líquido ( $V_L$ ), el volumen total ( $V_T$ ) y el volumen de espuma ( $V_E$ ). Finalmente, la capacidad espumante ( $E$ ) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{V_T - V_L}{V_L} = \frac{V_E}{V_L}$$

##### **3.4.1.2. pH (método AOAC, 1990)**

#### **Equipos, materiales y reactivos usados:**

- pH metro – TRACER 1741 - LaMotte.
- Vaso de precipitado.
- Solución tampón pH 4,0.
- Solución tampón pH 7,0.
- Agitador magnético.

**Procedimiento:**

Se determinó la concentración de iones hidrógeno con un medidor de pH ajustado a 4,0 y a 7,0 con soluciones tampón.

Atemperar la cerveza a la temperatura del laboratorio y desgasificar por completo. Introducir los electrodos previamente enjuagados en la muestra de cerveza y leer el pH. Después de una serie de lecturas, el instrumento se debe calibrar de nuevo a pH 4,0 y pH 7,0 para asegurar que no ha habido ninguna desviación.

**3.4.1.3. Color (Referencia estándar)****Equipos, materiales y reactivos usados:**

- Espectrofotómetro COLEMAN Junior 2, Modelo 6/20 II
- Tubo de ensayo pyrex.
- Vasos de precipitado.
- Agitador.

Gigliarelli (2008), menciona que la medición del color se basa en la European Brewing Convention (EBC). SRM (Standard Reference Method) es definido como la absorbancia (logaritmo de la pérdida de luz) multiplicada por 10.

**Procedimiento:**

Se realizó la lectura en un espectrofotómetro con longitud de onda de 430 nm (azul) y un tubo de ensayo de 1 cm que contuvo la cerveza. El sistema EBC es 25 veces la absorbancia a 430 nm ( $A_{430}$ ) y el sistema SRM (Standard reference Method) es 12.7 veces la absorbancia a 430 nm ( $A_{430}$ ).

$$SRM = A_{430} * 12.7$$

$$EBC = A_{430} * 25$$

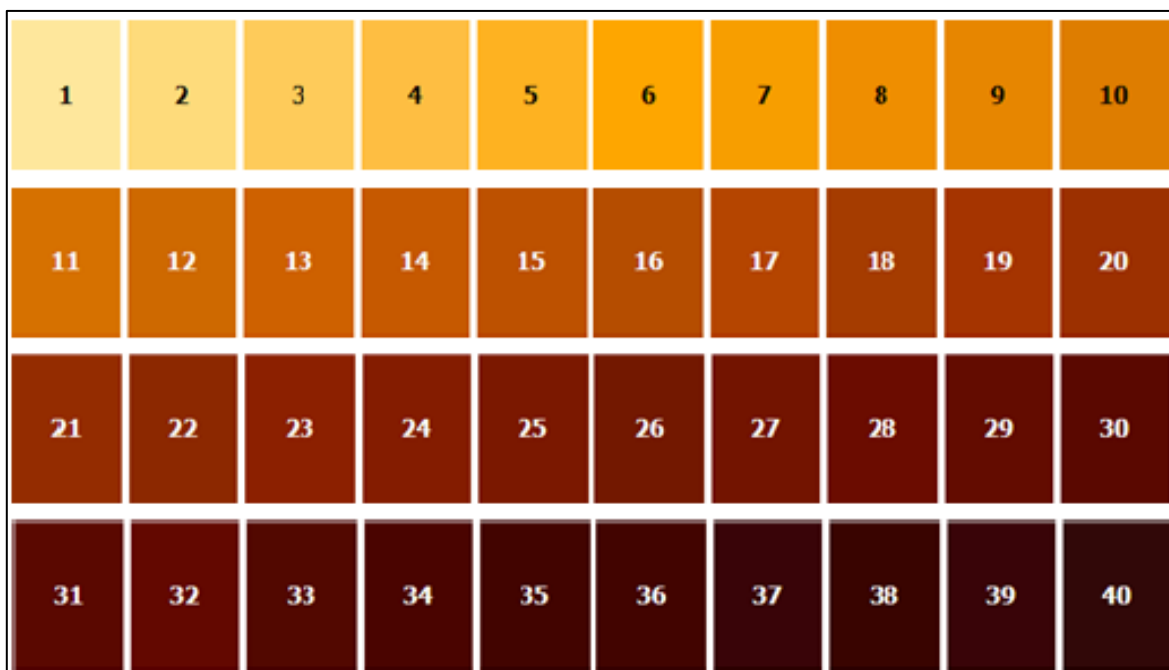


Figura 11. Colores basados en el método SRM (Standard Reference Method)

Fuente: Suarez (2013)

SRM/Lovibond	Ejemplo	Color de la Cerveza	EBC
2	Pale lager		4
3	Pilsener alemana		6
4	Pilsener Urquell		8
6			12
8	Weissbier		16
10	Bass Pale Ale		20
13			26
17	Lager Negras		33
20			39
24			47
29	Porter		57
35	Stout		69
40			79
70	Imperial Stout		138

Figura 12. Colores basados en el método SRM trasladado al Sistema EBC

Fuente: Gigliarelli (2016)

#### 3.4.1.4. Carbonatación (NTE INEN 2 324, 2002)

##### Equipos, materiales:

- Aparato de perforación con manómetro de acero inoxidable 304 modelo 25 FS, Marca PALMER.
- Probeta graduada.
- Termómetro

##### Procedimiento:

Los volúmenes de CO<sub>2</sub> fueron determinados con la metodología descrita en la NTE 2 324 (2002).

- La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- Atemperar las muestras entre 20°C y 25°C.
- Perforar la tapa de la botella con el punzón. Agitar la botella hasta que la presión alcance un valor máximo constante.
- Parar la agitación y anotar la lectura de la presión. Tomando la lectura de presión y la temperatura de la muestra, podemos hallar la concentración de CO<sub>2</sub>. Ver anexo 3.

González (2004) señala que para lograr el volumen de carbonatación deseado debemos tener en cuenta el nivel de CO<sub>2</sub> que se encuentra en la cerveza verde y la cantidad de azúcar que debemos agregar para llegar al nivel de CO<sub>2</sub> que buscamos. Se puede hallar un valor aproximado conociendo la temperatura máxima en la que fermentó el mosto y la cantidad de azúcar agregada para carbonatar.

**Cuadro 21. Datos aproximados de los volúmenes de CO<sub>2</sub>**

Temperatura (°C)	Vol. CO <sub>2</sub>
0	1.70
2	1.60
4	1.50
6	1.40

8	1.30
10	1.15
12	1.10
14	1.05
15	0.99
18	0.89
20	0.85
21	0.82
22	0.79
25	0.73
27	0.69
28	0.65

Fuente: González (2004).

Para hallar el volumen de CO<sub>2</sub> aproximado en la cerveza, debemos sumar el CO<sub>2</sub> presente en la cerveza verde y el CO<sub>2</sub> generado a partir de la adición de azúcar.

$$\%Vol_{CO_2} = VolCO_2_{Cerveza\ verde} + VolCO_2_{Azúcar\ rubia}$$

Debemos considerar la temperatura máxima de condiciones de fermentación y que 4 g/l adicionan 1 volumen de CO<sub>2</sub>.

#### 3.4.1.5. Amargor (método de Glend Tinshet)

Vogrig (2004), describe el método de Glend Tinshet, que consiste en hallar el amargor mediante la siguiente la siguiente fórmula:

$$°IBUs = \frac{w_l * \%aa * \%U_{aa}}{v_m * 10}$$

Donde:

- °IBU: Unidades Internacionales de amargor (International Bitterness Units).

- $W_1$  = peso del lúpulo
- % aa: porcentaje de alfa-ácidos del lúpulo (especificado según tipo de lúpulo)
- %U aa: Porcentaje de utilización de alfa-ácidos en el proceso de ebullición.
- $V_m$ : Volumen del mosto, en litros.

En el Cuadro 22 encontramos los distintos porcentajes de utilización de alfa-ácidos, en flor y pellet:

**Cuadro 22. Porcentaje de utilización de alfa-ácidos**

Tiempo de hervor en minutos	Porcentaje de utilización	
	Flor	Pellet
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
60 a 74	24	30
Más de 75	27	34

Fuente: Vogrig (2004)

Se toman los % Uaa de acuerdo a la tabla considerando el tiempo de cocción y es sustituida en la fórmula.

#### **3.4.1.6. Grado alcohólico. (Método del densímetro Stevenson)**

##### **Equipos, materiales y reactivos usados:**

- Densímetro Stevenson triple escala
- Probeta graduada de 200 ml
- Termómetro.
- Agitador.

**Procedimiento:**

El grado alcohólico se determinó aplicando el método del densímetro Stevenson. Se deben registrar la densidad original (OG) y la densidad final (FG). La densidad original se midió después de la cocción previa a la fermentación primaria y la densidad final se midió después de la tercera fermentación.

Villegas (2013), señala que la muestra debe estar previamente desgasificada. Se coloca en una probeta de 200 ml y se toma la temperatura. La lectura debe realizarse a 20 °C, si no, el valor es corregido con ayuda de una tabla. El grado alcohólico (% alcohol v/v) es hallado mediante la siguiente fórmula:

$$\% Alcohol_{(v/v)} = (OG - FT) * 131$$

**3.4.1.7. Densidad (Inicial y final)****Equipos, materiales y reactivos usados:**

- Densímetro Stevenson triple escala
- Probeta graduada de 200 ml
- Termómetro.
- Agitador.

**Procedimiento:**

La densidad final de la cerveza se determinó utilizando el densímetro Stevenson triple escala. Se procedió a destapar las botellas y a tomar una muestra de 200 mL de cerveza a 20 °C en una probeta graduada dejando que el densímetro flote libremente. A continuación, se tomó la lectura de la densidad final de la cerveza, corrigiendo si la temperatura es diferente a 20°C (Villegas, 2013).

**Cuadro 23. Corrección de la densidad específica en función a la temperatura**

<b>Temperatura de medición (°C)</b>	<b>Corrección</b>
10	-0.002
25	-0.001
20	-
24	+0.001
28	+0.002
32	+0.003

Fuente: Villegas (2013)

### **3.4.2. Evaluación sensorial**

Se llevó a cabo para determinar cuál de las cervezas artesanales tipo ale es la de mayor aceptación usando pruebas sensoriales mediante escala hedónica estructurada de 5 puntos: (5) me gusta mucho, (4) me gusta ligeramente, (3) ni me gusta ni me disgusta, (2) me disgusta ligeramente y (1) me disgusta mucho. (Anzaldúa-Morales, 1994).

Cordero (2013) señala que el número de muestras en una sesión no debe ser elevado (generalmente inferior o igual cinco) porque puede ocasionar fatiga que influirá sobre las respuestas. Si las muestras a evaluar son muy numerosas, estas deben distribuirse en varias sesiones. Es por ello que las evaluaciones se desarrollaron en 3 días, brindando 5 muestras por día para evitar datos sesgados.

El mismo autor menciona que el Comité de Evaluación sensorial de la ASMT de 1968 recomienda que cada panelista debe recibir como mínimo 15 mililitros en bebidas refrescantes y si son bebidas que suelen tomarse frías deben servirse a 4-10°C. Comúnmente, para bebidas refrescantes la cantidad de muestra brindada al juez es de 50 mililitros.

La degustación se llevó a cabo los días 21, 24 y 25 de julio de 2017 en el laboratorio de la escuela de Agroindustrias de la Universidad Nacional de Piura. Se realizó con dos paneles de 20 panelistas semi-entrenados, cada uno de ellos degustó 15 muestras de 50 mililitros cada una.



Se evaluaron 4 atributos sensoriales: Apariencia, olor, sabor y la impresión final (regusto). Al finalizar las evaluaciones se procederá a realizar la evaluación de resultados de cada prueba. Ver anexo 1 y anexo 2.

### **3.4.3. Ensayos físico-químicos**

Ver anexo 22.

La muestra que obtuvo mayor puntuación en sus atributos sensoriales, se le realizó los ensayos:

- Determinación de extracto seco (Según NMX-V-017-S-1981.)
- Determinación de cenizas totales (Según NMX-V-017-S-1981.)
- Azúcares totales (Según NMX-F-496-SCFI-2011)
- Proteína total (Según NMX-V-029-1972.)
- Grasa total (por diferencia)

### **3.4.4. Ensayos microbiológicos**

#### **3.4.4.1. Mohos y Levaduras (según ICMSF - 2000, método 1)**

Se utilizó la técnica por vaciado en placa, el método consistió en contar las colonias que se desarrollaron en el agar dextrosa de papa acidificado después de 24, 48 y 72 h de incubación a  $30 \pm 2$  °C, suponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio, los resultados se reportaron como UFC/ml o g de muestra.

#### **3.4.4.2. Coliformes totales (según ICMSF - 2000, método 1)**

Se pipetearon 1 ml de cada una de las diluciones del homogeneizado de cerveza en tubos de caldo lauril sulfato triptosa, se cogieron los tubos positivos del caldo Lauril Sulfato Triptosa. Luego, estos tubos se incubaron a  $45.5 \pm 0.2$  °C, en baño María con agitación constante por 24 h. Después 24 o 48 h en las campanas de fermentación se verificó si había presencia de gas, lo cual afirmaba o negaba la presencia de coliformes fecales.

### **3.4.5. Métodos estadísticos**

Para las variables paramétricas de calidad (Capacidad espumante, pH, color y carbonatación) se realizó un análisis de varianza (ANVA). El diseño estadístico aplicado correspondió a un diseño bifactorial (Formulación algarroba/cebada y cantidad de lúpulo), 3 x 5, con 2 repeticiones (30 unidades experimentales). De existir diferencias significativas, se aplicó la prueba de Duncan. De no existir diferencia significativa, se realizó comparación de medias. (Montgomery, 2004).

Para las variables paramétricas de calidad (Amargor, grado alcohólico y densidad/atenuación) se realizó un análisis de varianza (ANVA). El diseño estadístico aplicado correspondió a un diseño unifactorial, debido a que los datos fueron obtenidos mediante métodos matemáticos sin repeticiones.

Para el análisis de la variable no paramétrica: aceptabilidad general, se utilizó un diseño de parcelas divididas completamente al azar realizando análisis de varianza (ANVA) para cada atributo estudiado (Apariencia, Olor, Sabor, Impresión Final y Puntaje Final) Al existir diferencias significativas, se aplicó el test de Duncan (Montgomery, 2004).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza de 95%. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statistics V.22 y para la construcción de los diagramas y figuras ilustrativas se utilizó el mismo software.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CALIDAD EN CERVEZA – PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.

Los parámetros evaluados en la cerveza artesanal tipo Ale fueron: Capacidad espumante, pH, Color, Carbonatación, Amargor, Grado alcohólico y Densidad. Los resultados obtenidos y discusiones a continuación

#### 4.1.1. Capacidad espumante.

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 4.

**Cuadro 24. Análisis de varianza - Capacidad espumante**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	,995 <sup>a</sup>	14	,071	42,629	,000
Interceptación	11,285	1	11,285	6771,200	,000
Fórmula	,477	4	,119	71,575	,000
Lúpulo	,454	2	,227	136,250	,000
Fórmula * Lúpulo	,063	8	,008	4,750	,005
Error	,025	15	,002		
Total	12,305	30			
Total corregido	1,020	29			

Según el cuadro 24, se puede observar que la significancia de las variables fórmula, lúpulo e interacción fórmula\*lúpulo es menor a 0.05, por lo tanto, existe efecto significativo para cada una de las variables y su interacción, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan.

**Cuadro 25. Test de Duncan Formulación – Capacidad espumante**

Fórmula	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1	6	,3917			
2	6		,5667		
3	6			,6500	
4	6				,7250
5	6				,7333

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 25) muestran la formación de 4 subconjuntos, de donde:

- Subconjunto 1: F<sub>1</sub> presenta una media de 39.17%.
- Subconjunto 2: F<sub>2</sub> presenta una media de 56.67%.
- Subconjunto 3: F<sub>3</sub> presenta una media de 65.00%.
- Subconjunto 4: F<sub>4</sub> y F<sub>5</sub> presentan una media de 72.5% y 73.33%. No existe diferencia entre las 2 formulaciones.

Wallin y otros (2010), citado por Rodríguez (2015) menciona que la capacidad espumante de una cerveza industrial se encuentra en el rango de 50 – 70%. F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> y F<sub>5</sub> se encuentran por encima del 50%. La capacidad espumante de F<sub>1</sub> es 39.17%, valor menor que el promedio teórico.

De Mesones (2005), señala que las proteínas ayudan a la estabilidad y cremosidad de la espuma. La mayoría de adjuntos, contienen muy poca proteína, por lo que el maestro cervecero no debe abusar de su uso debido a que las proteínas están estrechamente relacionadas con la formación de espuma.

Rodríguez (2015), halló valores de capacidad espumante en función del porcentaje de sustitución de cebada por quinua y del pH inicial de maceración entre 39.17% y 66.77 %.

F<sub>1</sub> posee la menor capacidad espumante, debido a que la concentración de algarroba es mayor; en cambio F<sub>4</sub> y F<sub>5</sub>, que poseen concentraciones mayores de cebada, presentan capacidad espumante por encima de las demás formulaciones.

**Cuadro 26. Test de Duncan para lúpulo – Capacidad espumante**

Lúpulo	N	Subconjunto		
		1	2	3
1	10	,4550		
2	10		,6300	
3	10			,7550

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 26) muestran la formación de 3 subconjuntos muy diferenciados.

Suarez (2013), menciona que algunos componentes del lúpulo, como las resinas, los aceites esenciales y los taninos o polifenoles, además de proporcionar el amargor característico, contribuyen a la formación y retención de espuma.

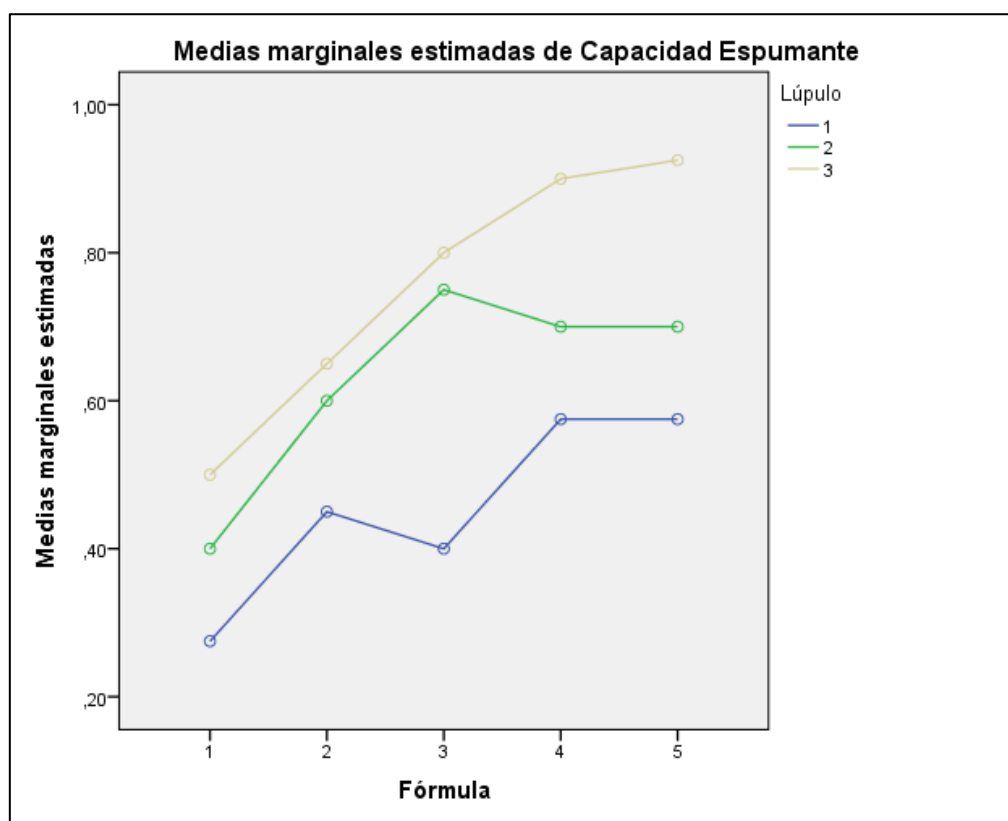


Figura 13. Capacidad espumante

La figura 13, nos muestra las medias marginales de capacidad espumante de los tratamientos (interacción Lúpulo\*Fórmula).

Rodríguez, (2003) señala que los elementos que participan positivamente de la formación de espuma son las proteínas de alto peso molecular derivadas de la malta y las iso-humulonas provenientes del lúpulo. Las maltas demasiado modificadas o poco desecadas tienden a caracterizar a cervezas con capacidades espumantes deficientes.

Barrientos (2011) añade, que cuanto menor sea la relación de malta y lúpulo, más pobre será la espuma. Esta relación se muestra en la figura 13, las formulaciones que poseen menor relación malta – lúpulo presentan menor capacidad espumante.

En el anexo 5 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- $F_1 \times C_1 = 27.50\%$ , esta interacción tiene la menor capacidad espumante.
- $F_5 \times C_3 = 92.50\%$ , esta interacción tiene la mayor capacidad espumante.
- Capacidad espumante promedio = 63%

#### 4.1.2. pH

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 6.

Suarez (2013), señala que el pH más favorable para el crecimiento de la *Saccharomyces cerevisiae* se encuentra entre 4.4 - 5.0, siendo el pH 4.5 el adecuado para su crecimiento óptimo.

De Mesones (2005) indica que el pH inicial en la maceración es regulado de tal manera que haya un equilibrio entre la actividad de la alfa amilasa y la beta amilasa, siendo ésta última la más susceptible y la que se toma de referencia en la elección de los parámetros de maceración. El pH de maceración de 5.5, es el óptimo para la actividad de la beta amilasa.

**Cuadro 27. Análisis de varianza –pH final**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	,228 <sup>a</sup>	14	,016	6,517	,000
Interceptación	519,334	1	519,334	207733,765	,000

Fórmula	,186	4	,047	18,622	,000
Lúpulo	,022	2	,011	4,485	,030
Fórmula * Lúpulo	,019	8	,002	,972	,493
Error	,038	15	,003		
Total	519,600	30			
Total corregido	,266	29			

Según el cuadro 27, se puede observar que la significancia de las variables fórmula y lúpulo es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo para ambas variables, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La interacción fórmula\*lúpulo no presenta efecto significativo en la variable respuesta pH.

**Cuadro 28. Test de Duncan Formulación – pH**

Fórmula	N	Subconjunto	
		1	2
1	6	4,0700	
2	6	4,0967	
3	6	4,1317	
4	6		4,2300
5	6		4,2750

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 28) muestran la formación de 2 subconjuntos, de donde:

- Subconjunto 1: Las formulaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> poseen pH que no presentan diferencias significativas entre sí.
- Subconjunto 2: Las formulaciones F<sub>4</sub> y F<sub>5</sub> poseen pH que no presentan diferencias significativas entre sí.

Rodriguez (2003) obtuvo valores de pH donde el promedio general fue de 4,53, con un mínimo de 4,41 y un máximo de 4,71. Kunze (1996) obtuvo valores de pH situados entre 4,2 y 4,4 en su investigación.

**Cuadro 29. Test de Duncan Lúpulo – pH**

Lúpulo	N	Subconjunto	
		1	2
1	10	4,1220	
2	10		4,1800
3	10		4,1800

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 29) muestran la formación de 2 subconjuntos:

- Subconjunto 1: La cantidad  $C_1$  presenta una media de 4.1220.
- Subconjunto 2: Las cantidades  $C_2$  y  $C_3$  no presentan diferencias significativas entre sí. Media de 4.1800.

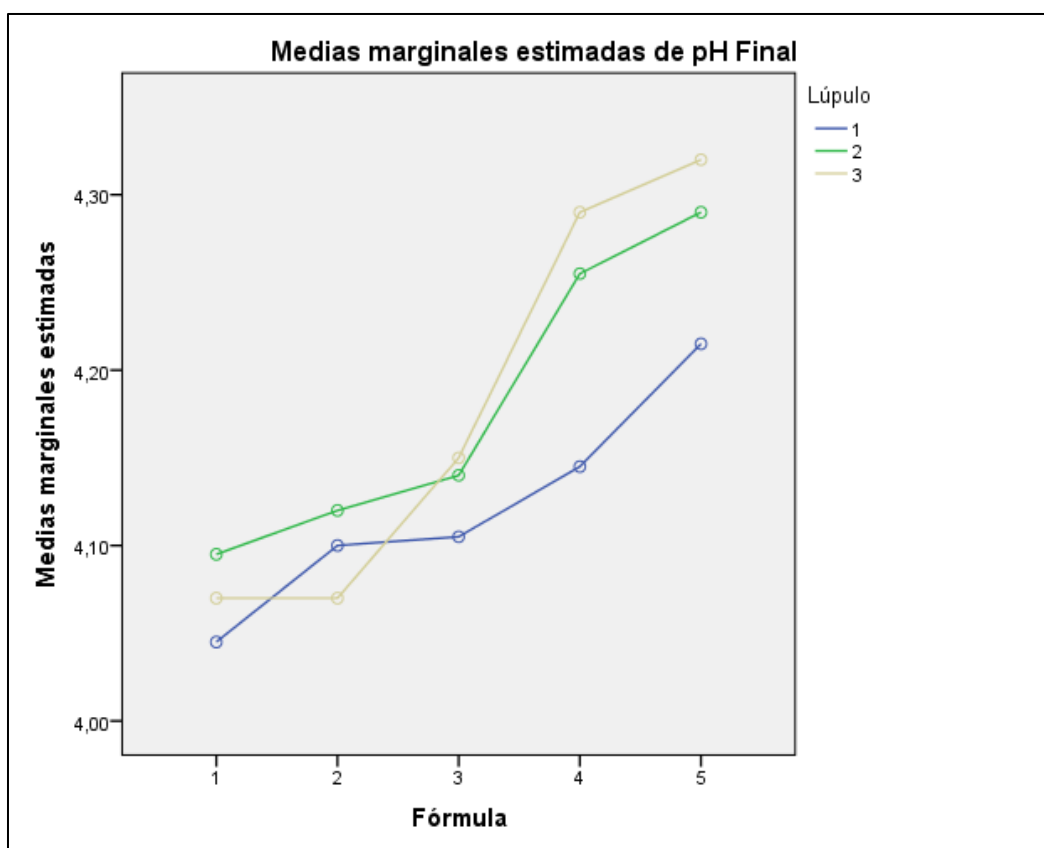


Figura 14. pH final



La figura 14, nos muestra las medias marginales de pH en función a la interacción Lúpulo\*Fórmula.

El pH final de las cervezas fluctúa entre 3.0 - 4.8. Las cervezas elaboradas con una mayor relación de malta y otros cereales adjuntos poseen un mayor pH que las cervezas elaboradas solamente con malta. (Rodríguez, 2003), sin embargo, en la figura 14 se observa que el pH tiene un comportamiento inverso a las formulaciones que poseen mayor concentración de algarroba, esto es debido a las características propias de este sucedáneo, que produce un mosto con pH menor al mosto de cebada.

Suarez (2013), señala que la variación de pH durante el proceso de fermentación es debido a la transformación de los aminoácidos por pérdida de nitrógeno, pasando a ácidos, lo cual origina una disminución del pH del medio. Durante la fermentación anaerobia, aparte de producirse etanol, se generan una serie de ácidos orgánicos como el ácido láctico, propiónico y pirúvico, que influyen también en la disminución del pH.

Millaray (2004), citado por (Rodríguez, 2015), indica que un pH muy elevado es desfavorable para reacciones importantes como la sacarificación ya que provoca un trabajo deficiente de las enzimas generándose menos azúcares, la coagulación de proteínas durante la ebullición es menos intensa, el amargor es más astringente (polifenoles) y se pone en riesgo la calidad microbiológica de la cerveza. Asimismo, un pH muy bajo conduce a la inactivación de las enzimas y a una posible contaminación por la presencia de bacterias lácticas.

En el anexo 7 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- $F_1 \times C_1 = 4.0450$ , esta interacción tiene el pH menor (más ácido)
- $F_5 \times C_3 = 4.3200$ , esta interacción tiene el pH mayor (más alcalino).
- pH promedio de 4.16.

NTE INEN 2 262 (2003), establece que la cerveza debe tener un pH final de 3,5 a 5,0 como máximo; mientras que la NTON 03 038 (2006) establece un mínimo de 3,0 a 4,8. Todos los tratamientos se encuentran dentro del parámetro establecido por ambas normas.

#### 4.1.3. Color

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 8. Ver anexo 24.

**Cuadro 30. Análisis de varianza - Color**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	643,929 <sup>a</sup>	14	45,995	538,477	,000
Interceptación	29972,602	1	29972,602	350898,756	,000
Fórmula	642,950	4	160,737	1881,805	,000
Lúpulo	,117	2	,058	,683	,520
Fórmula * Lúpulo	,862	8	,108	1,262	,332
Error	1,281	15	,085		
Total	30617,813	30			
Total corregido	645,210	29			

Según el cuadro 30, se puede observar que la significancia de la variable fórmula es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo en esta variable, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La variable lúpulo y la interacción fórmula\*lúpulo no presenta efecto significativo en la variable respuesta color.

**Cuadro 31. Test de Duncan para formulación – Color**

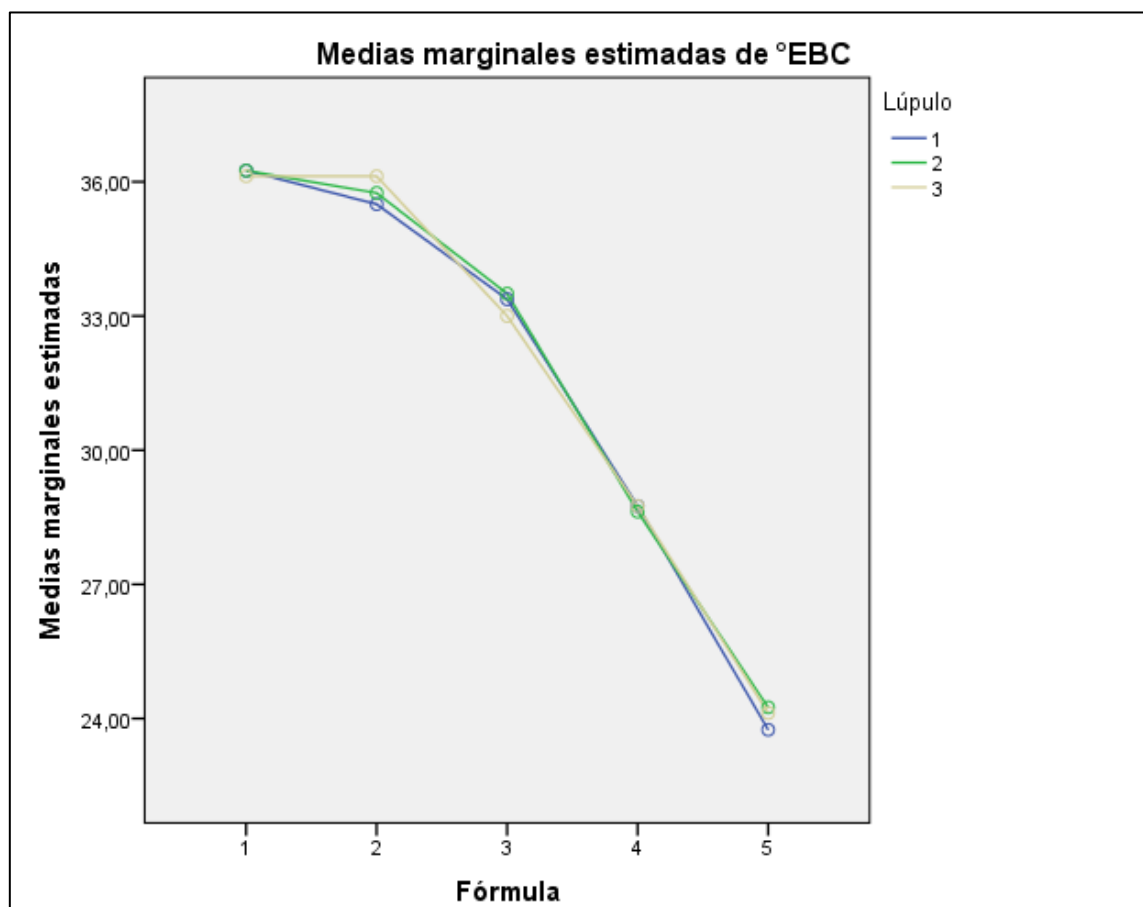
Fórmula	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
5	6	24,0417				
4	6		28,7083			
3	6			33,2917		
2	6				35,7917	
1	6					36,2083

Los resultados de la prueba de Duncan (cuadro 31) muestran que cada formulación pertenece a un subconjunto diferente. Mientras mayor es la concentración de algarroba mayor °EBC presenta la cerveza. Suarez (2013), señala son varios los compuestos responsables del color en las cervezas: melanoidinas, productos de caramelización y pirólisis, polifenoles oxidados, riboflavina, carotenoides, antocianinas, clorofilas y sus

productos de oxidación, así como también catalizadores de la oxidación como son los iones metálicos. De ellos, la fuente primaria de color son las melanoidinas. Estos compuestos poseen un espectro de color que va desde el amarillo al ámbar. Se generan por reacciones de pardeamiento no enzimático (reacciones de Maillard) durante el tratamiento térmico del malteado, la cocción, etc.

De Mesones (2005) señala que, con temperaturas más altas, se producirán niveles enzimáticos menores pero mayor cantidad de melanoidinas que darán color y sabor a las cervezas resultantes.

Cortez (2010), señala que, al tostar la algarroba, ésta adquiere un color marrón oscuro uniforme y que puede ser usada como sucedáneo del café, ya que se logra parecer en algo su color, sabor y olor. Al someter las vainas de algarroba a un proceso térmico, producimos melanoidinas y debido a las características propias de la vaina, funciona como una malta especial ya que aporta color.



### Figura 15. Color

La figura 15, nos muestra las medias marginales de color de los tratamientos (interacción Lúpulo\*Fórmula). Gráficamente podemos observar que la variable lúpulo no presenta diferencia significativa, caso contrario de la variable formulación, ya que el color varía en cada una de éstas.

Rodriguez (2003), encontró valores entre 7.67 y 15.95 °EBC en cervezas claras o rubias. Estos valores son diferentes con los encontrados debido al tipo de cerveza elaborada.

En el anexo 9 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- $F_5 \times C_1 = 23.75$  °EBC, esta interacción es la lectura menor.
- $F_1 \times C_1$  y  $F_1 \times C_2 = 36.25$  °EBC, estas interacciones poseen las más altas lecturas del parámetro color.
- °EBC promedio = 31.60.

NTP 213.014 (2013), no establece un parámetro para los °EBC debido a que varía de acuerdo al estilo de cerveza.

#### 4.1.4. Carbonatación

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 10. Los volúmenes hallados experimentalmente no presentan diferencia significativa con los volúmenes teóricos.

**Cuadro 32. Análisis de varianza – Volumen CO<sub>2</sub>**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	,061 <sup>a</sup>	14	,004	7,229	,000
Interceptación	131,796	1	131,796	219660,800	,000
Fórmula	,060	4	,015	24,800	,000
Lúpulo	,000	2	,000	,200	,821
Fórmula * Lúpulo	,001	8	,000	,200	,986
Error	,009	15	,001		
Total	131,866	30			

Total corregido	,070	29			
-----------------	------	----	--	--	--

Según el cuadro 32, se puede observar que la significancia de la variable fórmula es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo en esta variable, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La variable lúpulo y la interacción fórmula\*lúpulo no presentan efecto significativo en la variable respuesta.

**Cuadro 33. Test de Duncan para formulación – Volumen CO<sub>2</sub>**

Fórmula	N	Subconjunto		
		1	2	3
1	6	2,0500		
2	6	2,0500		
3	6		2,1000	
4	6		2,1100	
5	6			2,1700

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 33) muestran la formación de 3 subconjuntos, de donde:

- Subconjunto 1: Las formulaciones F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> poseen volúmenes de CO<sub>2</sub> que no presentan diferencias significativas entre sí.
- Subconjunto 2: Las formulaciones F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub> volúmenes de CO<sub>2</sub> que no presentan diferencias significativas entre sí.
- Subconjunto 3: La formulación F<sub>5</sub> posee volúmenes de CO<sub>2</sub> mayor a las demás formulaciones.

Jim (13 de marzo, 2017), establece un rango sencillo de carbonatación: Nivel de carbonatación bajo, entre 1,5 a 2,0; Nivel de carbonatación estándar, entre 2,4 a 2,7 y Nivel de carbonatación alto, entre 3,0 a 3,5. Todas las formulaciones pertenecen al rango de las cervezas de nivel de carbonatación bajo.

NTE 2013.014 (2014) señala que la carbonatación debe contener un mínimo de 0.3% Volúmenes de CO<sub>2</sub>; NTE INEN 2 262 (2003) establece un parámetro mínimo de 2,2 a 3.5 volúmenes de CO<sub>2</sub> y NTON 03 038 (2006) establece un parámetro de 2,0 a 4,0 volúmenes de CO<sub>2</sub>.

El parámetro de carbonatación varía de acuerdo a la legislación de cada país, todos los tratamientos se encuentran dentro del rango establecido por la NTON 03 038 (2006) y superan ampliamente el mínimo establecido en NTE 2013.014 (2014).

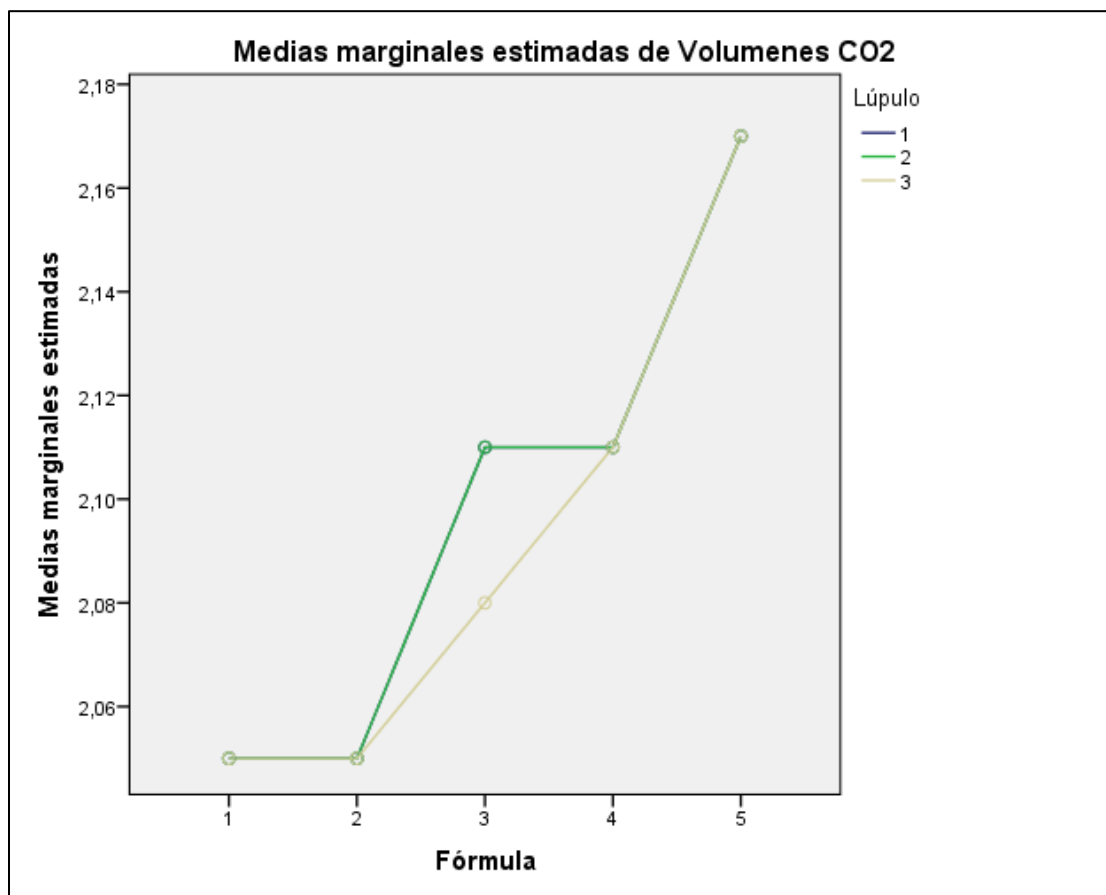


Figura 16. Volúmenes CO<sub>2</sub>

La figura 16, nos muestra las medias marginales de volúmenes de CO<sub>2</sub> de todos los tratamientos (interacción Lúpulo\*Fórmula)

Gráficamente podemos observar que la variable lúpulo no presenta diferencia significativa, caso contrario de la variable formulación, sin embargo, esta diferencia en términos reales, no es significativa.

En el anexo 11 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- Menor valor volúmenes de CO<sub>2</sub> encontrado = 2.05.
- Mayor valor volúmenes de CO<sub>2</sub> encontrado = 2.23.
- Volúmenes de CO<sub>2</sub> promedio = 2.1.

Carvajal e Insuasti (2010), obtuvieron un nivel de carbonatación entre 2.14 a 3.63 volúmenes de CO<sub>2</sub>. Los tratamientos presentan un nivel de carbonatación entre 2.05 a 2.23 debido a que se trabajó con una concentración constante de azúcar para carbonatar (5g/l).

#### 4.1.5. Amargor

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 12. Se parte del supuesto que la formulación no aporta amargor a la cerveza final, es por ello que, en el análisis de varianza, sólo se evalúa la variable lúpulo, además se desprecia el amargor otorgado por la vaina de algarroba.

Suarez (2013), señala que el amargor en la cerveza es resultado de la solución de los iso- $\alpha$ -ácidos de los lúpulos en el mosto durante la cocción. La intensidad y la calidad del amargor se manipulan a través de la elección de la variedad de los lúpulos, el contenido de  $\alpha$ -ácidos o a veces la cantidad de  $\beta$ -ácidos oxidados que se cree que dan un tipo de amargor suave, la duración de la cocción de los lúpulos. El lúpulo usado fue Cascade 7 %  $\alpha$ -ácidos.

**Cuadro 34. Análisis de varianza para Amargor.**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	135,130 <sup>a</sup>	2	67,565	2546,415	,000
Interceptación	5065,161	1	5065,161	190898,014	,000
Lúpulo	135,130	2	67,565	2546,415	,000
Error	,318	12	,027		
Total	5200,609	15			
Total corregido	135,448	14			

Según el cuadro 34, se puede observar que la significancia de la variable lúpulo es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan.

**Cuadro 35. Test de Duncan para Amargor**

Lúpulo	N	Subconjunto		
		1	2	3
1	5	14,7000		
2	5		18,3760	
3	5			22,0520

Los resultados de la prueba de Duncan (cuadro 35) muestran que cada cantidad de lúpulo conforma un subconjunto diferente. La cantidad de lúpulo es proporcional a los °IBUs, al aumentar la cantidad de lúpulo, los °IBUs aumentan.

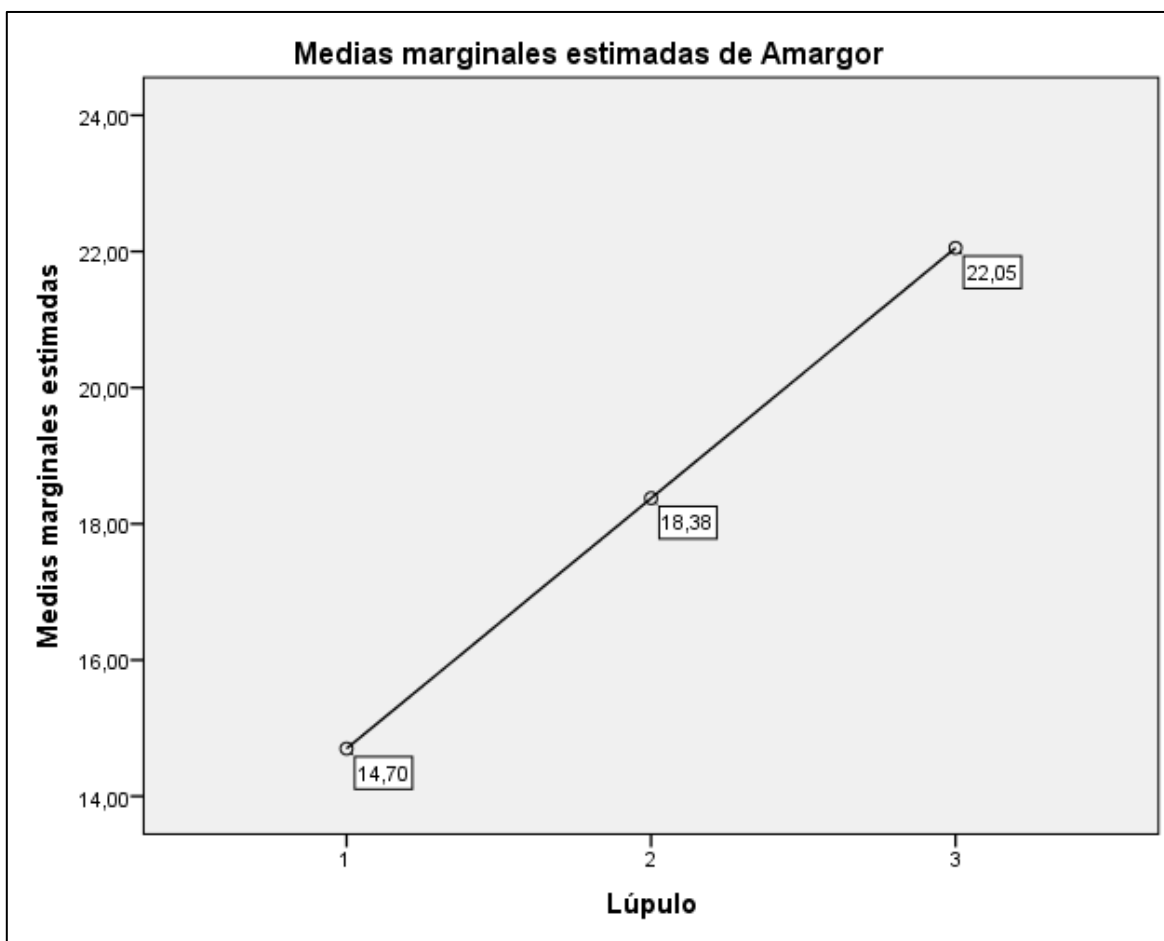


Figura 17. Amargor (°IBUs)

El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales



coayudan en el proceso de clarificación (Rojas y Serna, 2000, citados por Rodríguez, 2003).

En el mercado, encontramos lúpulos con baja y alta concentración de alfa ácidos. El lúpulo usado en las formulaciones fue Cascade 7 %  $\alpha$ -ácidos, es usado para cervezas pale ale americanas y pale ale inglesas, debido a que aportan amargor suave y limpio, además de aromas frescos (cítrico).

De Mesones (2005), señala que el lúpulo sirve para dar amargor y aroma a la cerveza. Si se añade al principio de la cocción dará sólo amargor porque los aromas se volatilizarán con el transcurso de la cocción. Si se añade al final sólo dará aroma y no amargor porque para obtener este se necesita que se isomerícen los ácidos alfa del lúpulo mediante cocción prolongada. La cocción ha de ser fuerte, es decir, ha de verse como el mosto entra en movimiento por efecto de las turbulencias de las burbujas. El lúpulo se añadió en 3 tiempos.

Cuanto más denso sea el mosto, más alcohol tendrá la cerveza acabada y mayor cantidad de lúpulo necesitará: en los mostos más densos el  $\alpha$ -ácido es menos efectivo y se necesita más amargor para contrarrestar el dulzor de la malta. (García, 2013).

NTON 03 038 (2006), establece un mínimo de 2,0 – 100 °IBU's. Todos los tratamientos se encuentran dentro del parámetro establecido.

Cortez (2010), menciona que, en el cotiledón de las semillas de algarroba, las proteínas son las que se presentan en mayor proporción (69%). Posee ciertos aminoácidos esenciales como la leucina, fenilalanina, lisina, isoleucina, histidina, arginina.

Existe una relación directa entre la densidad después del hervor (densidad original) y el amargor final, ya que, si es más denso, se necesitará más lúpulo para lograr el mismo amargor final; además debemos considerar que la algarroba aporta un mosto denso, pero con baja cantidad de azúcares, debido a las proteínas del cotiledón de las semillas.

#### **4.1.6. Grado Alcohólico**

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 13. Se parte del supuesto que la variable lúpulo no aporta volumen de alcohol en la muestra de cerveza, es por ello que, en el análisis de varianza, sólo se evalúa la variable formulación.

De Mesones (2005), señala la levadura se nutre de los azúcares fermentables contenidos en el mosto produciendo como subproductos alcohol etílico y CO<sub>2</sub>. El lúpulo no proporciona estos azúcares fermentables.

**Cuadro 36. Análisis de varianza para grado alcohólico**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	3,725 <sup>a</sup>	4	,931	37,000	,000
Interceptación	214,500	1	214,500	8522,227	,000
Fórmula	3,725	4	,931	37,000	,000
Error	,252	10	,025		
Total	218,477	15			
Total corregido	3,977	14			

Según el cuadro 36, se puede observar que la significancia de la variable fórmula es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan.

**Cuadro 37. Test de Duncan para grado alcohólico**

Fórmula	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1	3	3,2313			
2	3	3,2750			
3	3		3,7553		
4	3			4,1047	
5	3				4,5413

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 37) muestran la formación de 4 subconjuntos, de donde:

- Subconjunto 1:  $F_1$  y  $F_2$  presentan medias de 3.2313% y 3.2750% respectivamente, no existe diferencia significativa entre ambas formulaciones.
- Subconjunto 2:  $F_3$  presenta una media de 3.7553% de alcohol.
- Subconjunto 3:  $F_4$  presenta una media de 4.1047% de alcohol.
- Subconjunto 4:  $F_5$  presenta una media de 4.5413% de alcohol.

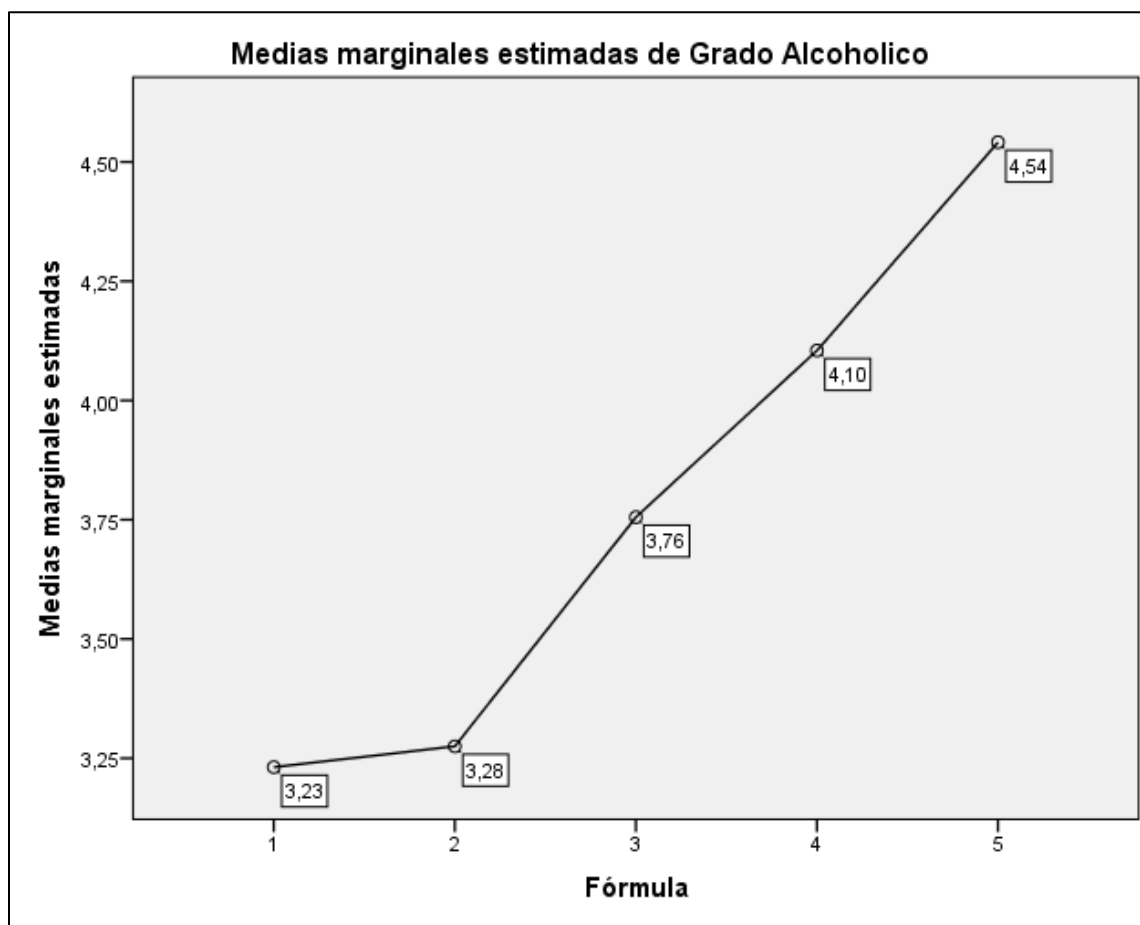


Figura 18. Grados Alcohólicos (% v/v)

La figura 18 muestra las medias estimadas de las diferentes formulaciones. Se puede apreciar una relación directa entre formulación y grado alcohólico. La concentración de cebada malteada es proporcional al aumento de grado alcohólico, debido principalmente a la densidad original del mosto de cebada que es mayor a la densidad original del mosto de algarroba. El mosto de cebada malteada presenta azúcares fermentables casi en su totalidad debido a sus propias características, mientras que el mosto de algarroba presenta azúcares fermentables en menor cantidad además de alta concentración de proteínas.

De Mesones (2005) señala que la levadura consume los azúcares y otros productos contenidos en el mosto. Estos productos son resultado de como hayamos realizado los pasos previos de elaboración de la cerveza. Al metabolizar los azúcares se produce alcohol y CO<sub>2</sub>, pero dependiendo de las temperaturas de fermentación y de los otros productos contenidos en el mosto también se producirán alcoholes superiores (cadenas de más de un carbono, metílico, etc....) y otros subproductos que afectarán en gran medida al sabor, aroma y calidad de la cerveza que estamos elaborando.

Rodríguez (2015), obtuvo valores entre 3.61 a 5.33 %, mientras que Rodríguez (2003), valores entre 4.59 a 4.81%. NTON 03 038 (2006) señala que las cervezas deben de estar en un rango 2.5 – 9.0. NTE213.014 (2012) señala que la cerveza debe tener un mínimo de 0.5 % de alcohol. Todos los tratamientos se encuentran por encima del mínimo porcentaje de alcohol y dentro de los parámetros permitidos.

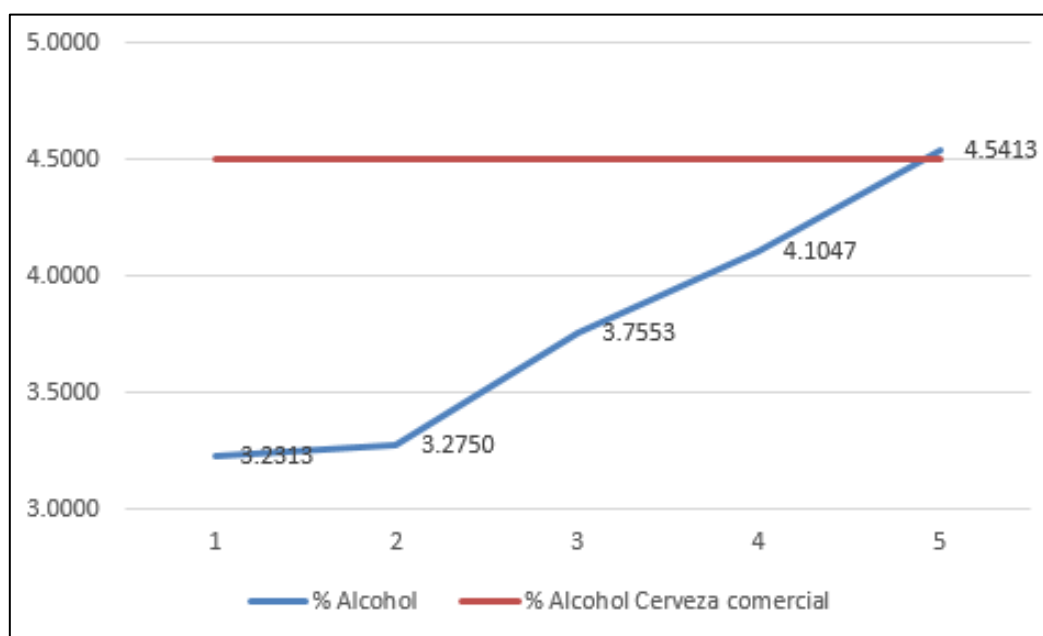


Figura 19. % Alcohol cerveza artesanal vs % alcohol cerveza industrial

La figura 19 muestra que el porcentaje de alcohol obtenido en las distintas formulaciones es menor al porcentaje de alcohol encontrado en la cerveza industrial (muestra patrón cerveza Cristal de la línea Backus).

Normalmente, las cervezas artesanales tienen más grados que las cervezas industriales, se cree que es debido a la cepa de levadura utilizada, a la temperatura de fermentación primaria, aireación, dosis y condiciones de siembra de la levadura y a la calidad de las materias primas (Rajendram, 2009). Todos los tratamientos tienen menor grado de alcohol que la cerveza industrial patrón debido a que el mosto de algarroba presenta menor concentración de azúcares fermentables.

#### 4.1.7. Densidad y atenuación aparente

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 14. Encontramos la densidad inicial y final de cada uno de los tratamientos, además del porcentaje de atenuación.

Se parte del supuesto que la variable lúpulo no afecta significativamente la densidad de los tratamientos, es por ello que, en el análisis de varianza, sólo se evalúa la variable formulación.

Encontramos:

- Densidad original promedio =  $1.0397 \text{ g/cm}^3$  o  $9,89^\circ\text{Plato}$ .
- Densidad final promedio =  $1.0112 \text{ g/cm}^3$  o  $2,87^\circ\text{Plato}$ .

El tratamiento  $F_5 \times C_3$  presenta la densidad original mayor =  $1.0480 \text{ g/cm}^3$  o  $11.86^\circ\text{Plato}$

**Cuadro 38. Análisis de varianza para Extracto Original ( $^\circ\text{Plato}$ )**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	11,593 <sup>a</sup>	4	2,898	12,422	,001
Interceptación	1468,171	1	1468,171	6292,879	,000
Fórmula	11,593	4	2,898	12,422	,001
Error	2,333	10	,233		
Total	1482,097	15			
Total corregido	13,926	14			

Según el cuadro 38, se puede observar que la significancia de la variable fórmula es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan.

**Cuadro 39. Test de Duncan para Extracto Original (°Plato)**

Fórmula	N	Subconjunto	
		1	2
1	3	8,7567	
2	3	9,3200	
3	3	9,6400	
4	3		10,5200
5	3		11,2300

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 39) muestran la formación de 2 subconjuntos:

- Subconjunto 1:  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  presentan medias de 8.76, 9.32 y 9.64 °Plato respectivamente. No existe diferencia significativa entre estas formulaciones.
- Subconjunto 2:  $F_4$  y  $F_5$  presentan medias de 10.52 y 11.23 °Plato respectivamente. No existe diferencia significativa entre estas formulaciones.

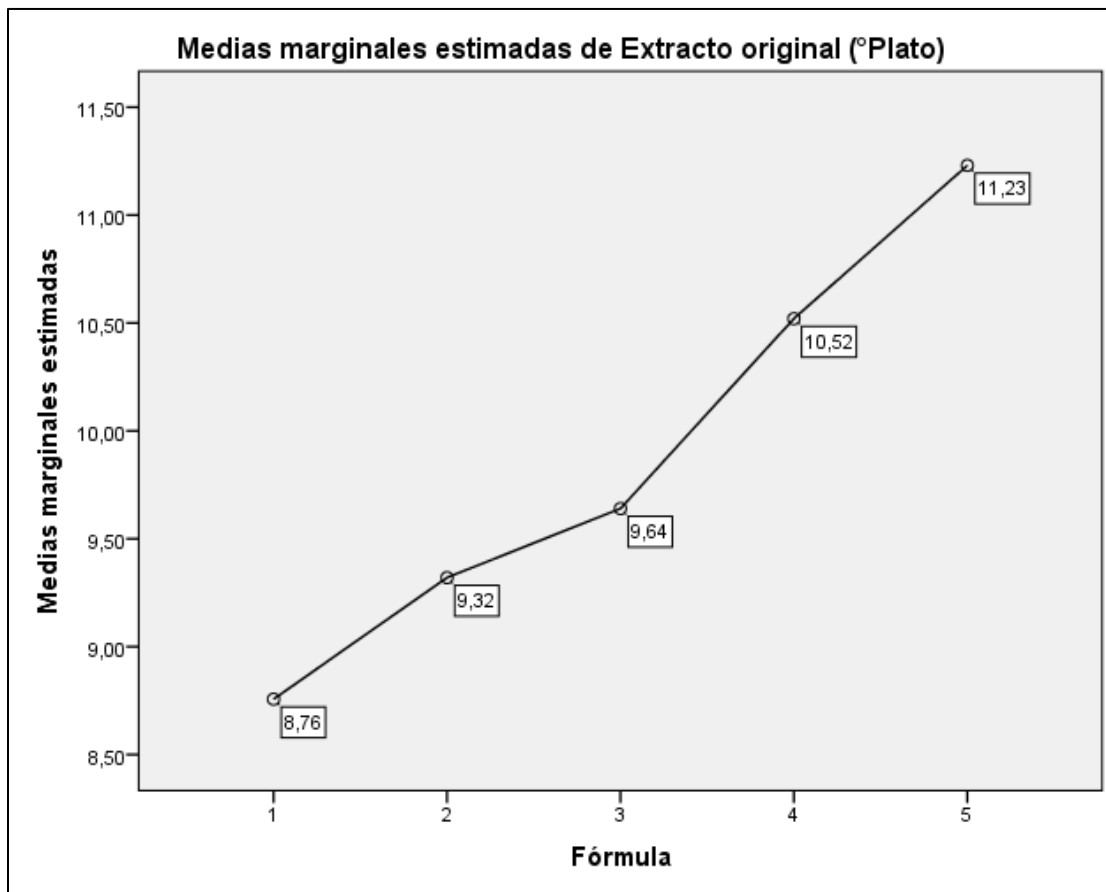


Figura 20. Extracto Original (°Plato)

La figura 20 muestra las medias estimadas del extracto original de las diferentes formulaciones. Se puede apreciar una relación ascendente entre formulación y el extracto original. Mientras mayor sea la concentración del mosto de cebada malteada, la gravedad original es mayor debido a que este insumo presenta más azúcares fermentables que el mosto de vaina de algarroba.

- F<sub>1</sub> tiene un extracto original de 8.76 °Plato. Es el valor menor debido a que esta formulación presenta 80 % de algarroba y solo 20 % de cebada malteada.
- F<sub>5</sub> tiene un extracto original de 11.23 °Plato. Es el valor mayor debido a que esta formulación presenta 40 % de algarroba y 60 % de cebada malteada.
- La atenuación aparente promedio fue de 9.89°Plato.

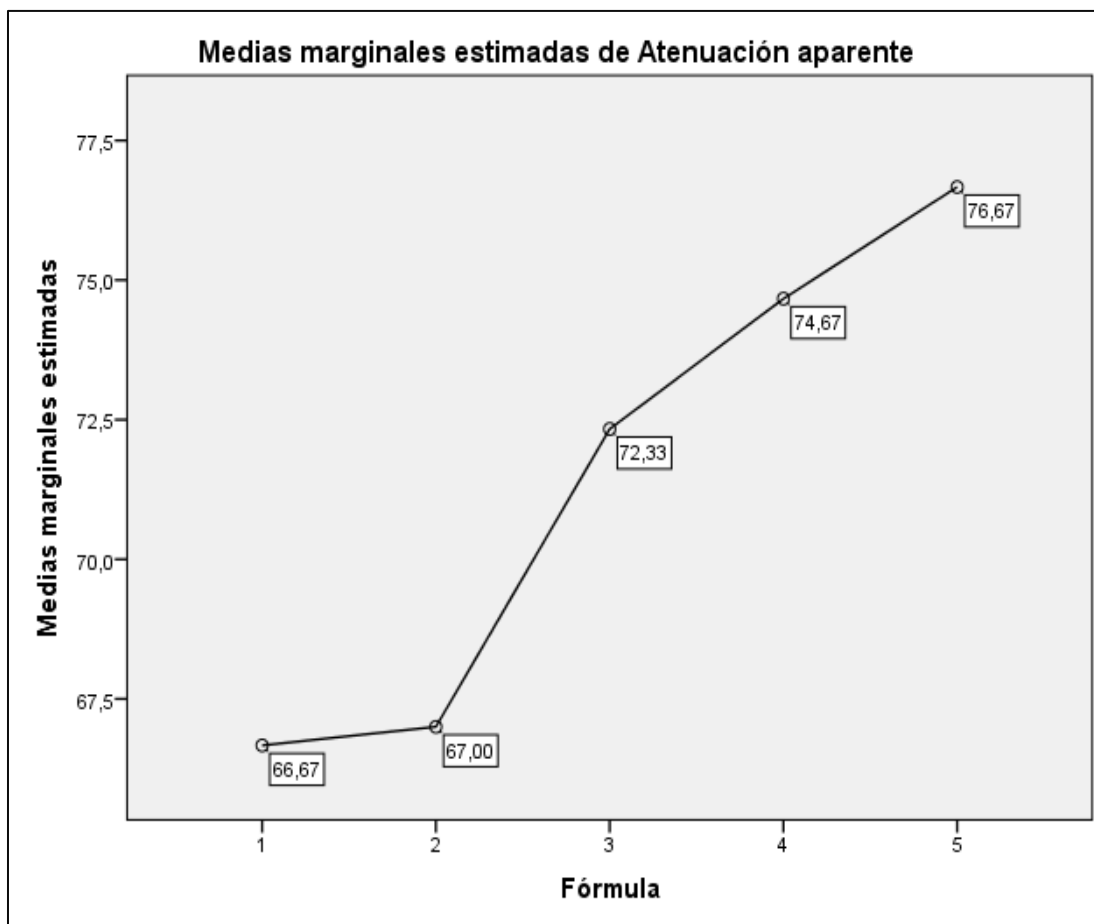


Figura 21. Atenuación aparente (%)

La figura 21 muestra las medias estimadas de las diferentes formulaciones. Se puede apreciar una relación directa entre formulación y la atenuación aparente.

- F<sub>1</sub> tiene una atenuación aparente de 66.67%, debido a que esta formulación presenta 80 % de algarroba y solo 20 % de cebada malteada.
- F<sub>5</sub> tiene una atenuación aparente de 76.67%, debido a que esta formulación presenta 40 % de algarroba y 60 % de cebada malteada.
- La atenuación aparente promedio fue de 71%.

Jim (28 de octubre, 2014), señala que la elección de la levadura es fundamental ya que cada característica de éstas afecta a la cerveza. La atenuación aparente es el porcentaje de azúcares que ha sido fermentado por las levaduras, el rango suele andar entre el 75 y el 85%.



Vogel (1999), señala que las cervecerías industriales trabajan con levaduras con atenuación aparente entre 70 y 75 %, sin embargo, al tratarse de una cerveza artesanal este rendimiento suele ser mucho menor.

Villa (2005), señala que la baja atenuación de las cervezas se debe exclusivamente a mostos ricos en azúcares no fermentables, bajas temperaturas de fermentación, cepas muy poco atenuantes y muy floculantes.

Cortez (2010), señala que el endospermo de la semilla de algarroba tiene un alto contenido de fibra dietética. La fibra dietética es mayoritariamente un galactomanano que se puede utilizar en diferentes industrias, aprovechando sus propiedades de espesante, gelificante, estabilizante, etc.

La atenuación promedio fue de 71 %, debajo del señalado por la bibliografía, debido a que el mosto de algarroba aporta azúcares no fermentables producidos durante la maceración (hidrólisis de almidón), además de las características espesantes que le proporciona el endospermo de la semilla.

## **4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL.**

Las evaluaciones se desarrollaron en 3 días, brindando 5 muestras por día para evitar datos sesgados. En el primer día, se repartieron los tratamientos C<sub>1</sub>, segundo día los tratamientos C<sub>2</sub> y, por último, los tratamientos C<sub>3</sub>.

Las muestras estuvieron ordenadas de la siguiente manera:

- F<sub>3</sub> =GT5, 60% de algarroba y 40% de cebada.
- F<sub>5</sub> =A2L, 40% de algarroba y 60% de cebada.
- F<sub>1</sub> =JJ0, 80% de algarroba y 20% de cebada.
- F<sub>2</sub> =QR7, 70% de algarroba y 30% de cebada.
- F<sub>4</sub> =2BH, 50% de algarroba y 50% de cebada.

Para analizar los resultados obtenidos de las muestras para cada interacción en los parámetros de apariencia, olor, sabor e impresión final se recurrió al análisis estadístico de

varianza (ANVA), los resultados se obtuvieron con un nivel de significancia del 5%, donde:

**Factor Aleatorio:**

- Juez.

**Factores Fijos:**

- Tratamiento principal o parcela completa (factor B) = Fórmula.
- Tratamiento de la sub-parcela (factor C) = Lúpulo.
- Interacciones entre las parcelas completas y sub-parcelas AB: Fórmula \* Lúpulo

**Variable dependiente:**

- Apariencia
- Olor
- Sabor
- Impresión Final
- Puntaje Final

Los resultados obtenidos se encuentran en el Anexo 15. Ver anexo 24.

**4.2.1. Apariencia**

**Cuadro 40. Análisis de varianza para Apariencia**

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	Hipótesis	6861,402	1	6861,402	4121,396	,000
	Error	31,632	19	1,665 <sup>a</sup>		
Juez	Hipótesis	31,632	19	1,665	2,933	,000
	Error	43,143	76	,568 <sup>b</sup>		
Fórmula	Hipótesis	57,990	4	14,498	25,538	,000
	Error	43,143	76	,568 <sup>b</sup>		
Fórmula * Juez	Hipótesis	43,143	76	,568	,663	,986
	Error	419,650	490	,856 <sup>c</sup>		
Lúpulo	Hipótesis	15,203	2	7,602	8,876	,000
	Error	419,650	490	,856 <sup>c</sup>		

Fórmula * Lúpulo	Hipótesis	3,980	8	,497	,581	,794
	Error	419,650	490	,856 <sup>c</sup>		

Según el cuadro 40, se puede observar que la significancia de las variables fórmula y lúpulo son menores a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan para ambas variables. La interacción Fórmula \* Lúpulo no tiene efecto significativo.

**Cuadro 41. Test de Duncan para Formulación – Apariencia**

Factor A	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1	120	3,01			
2	120	3,18			
3	120		3,27		
4	120			3,56	
5	120				3,89

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 41) muestran la formación de 4 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>, no presentan diferencia significativa. F<sub>1</sub> presenta la menor puntuación promedio (3.01)
- Subconjunto 2: F<sub>3</sub>.
- Subconjunto 3: F<sub>4</sub>.
- Subconjunto 4: F<sub>5</sub> presenta la mayor puntuación promedio (3.89).

**Cuadro 42. Test de Duncan para Lúpulo – Apariencia**

Factor B	N	Subconjunto	
		1	2
1	200	3,22	
3	200	3,32	
2	200		3,60

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 42) muestran la formación de 2 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen  $C_1$  y  $C_2$ , no presentan diferencia significativa.  $C_1$  presenta la menor puntuación promedio (3.22)
- Subconjunto 2:  $C_3$  presenta la mayor puntuación promedio (3.6).

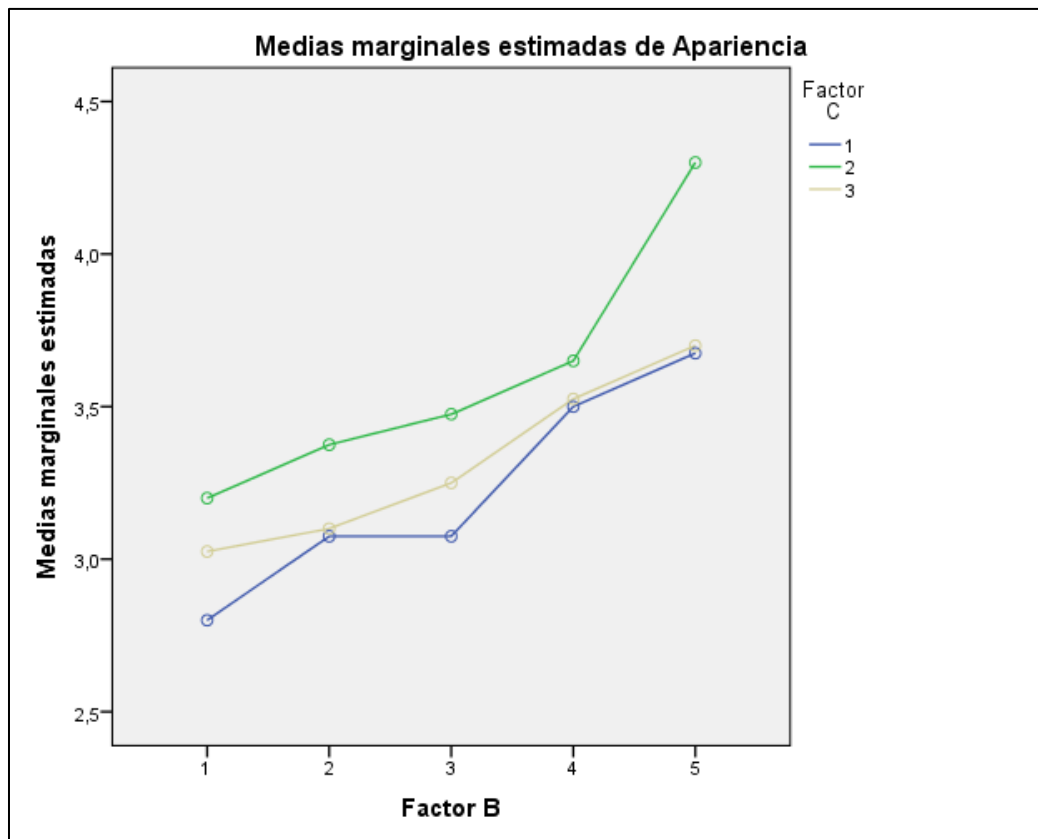


Figura 22. Atributo: Apariencia.

La figura 22, nos muestra las medias marginales del atributo apariencia en función a la interacción Fórmula \* Lúpulo.

En el anexo 16 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- La menor media marginal corresponde a la interacción  $F_1 * C_1 = 2,8$ .
- La mayor media marginal corresponde a la interacción  $F_5 * C_2 = 4,3$ .
- Puntuación apariencia promedio = 3.38.

Carvajal e Insuasti (2010), realizaron una valoración sensorial de 5 puntos de cerveza artesanal de yuca y cebada, de donde encontraron que la media más alta obtenida por puntuación de jueces semientrenados en el atributo color la tiene el testigo (cerveza

comercial) con promedio de 3.6, seguido de la mezcla 85% Cebada +15% Yuca con promedio 2.8. Sanlate (2010) obtuvo como mejor resultado de la prueba de aceptabilidad general a la cerveza con sustitución de 50% de cebada por trigo (Rango promedio = 4.08),

En la figura 22, podemos observar que mientras mayor sea el porcentaje de cebada malteada en la formulación, mayor será el grado de aceptabilidad. La figura 12 nos muestra que, aunque C<sub>3</sub> posea mayor capacidad espumante en cada una de las formulaciones al ser mayor la cantidad de lúpulo, su ponderado en atributo apariencia no es el mayor. Deducimos que ausencia de espuma y exceso de la misma, genera rechazo en el consumidor, además de preferencia por un producto de color más claro y menos turbio.

#### 4.2.2. Olor

**Cuadro 43. Análisis de varianza para Olor**

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	Hipótesis	6700,042	1	6700,042	3339,037	,000
	Error	38,125	19	2,007 <sup>a</sup>		
Juez	Hipótesis	38,125	19	2,007	2,212	,008
	Error	68,933	76	,907 <sup>b</sup>		
Fórmula	Hipótesis	20,733	4	5,183	5,715	,000
	Error	68,933	76	,907 <sup>b</sup>		
Fórmula * Juez	Hipótesis	68,933	76	,907	,958	,580
	Error	463,867	490	,947 <sup>c</sup>		
Lúpulo	Hipótesis	25,003	2	12,502	13,206	,000
	Error	463,867	490	,947 <sup>c</sup>		
Fórmula * Lúpulo	Hipótesis	10,297	8	1,287	1,360	,212
	Error	463,867	490	,947 <sup>c</sup>		

Según el cuadro 43, se puede observar que la significancia de las variables fórmula y lúpulo son menores a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La interacción Fórmula \* Lúpulo no tiene efecto significativo.

**Cuadro 44. Test de Duncan para Formulación – Olor**

Factor A	N	Subconjunto	
		1	2
3	120	3,13	
2	120	3,25	
4	120	3,32	
1	120	3,33	
5	120		3,68

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 44) muestran la formación de 2 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$ ; no presentan diferencia significativa.  $F_3$  presenta la menor puntuación promedio (3.13).
- Subconjunto 2:  $F_5$  presenta la mayor puntuación promedio (3.68).

**Cuadro 45. Test de Duncan para Lúpulo – Olor**

Factor B	N	Subconjunto	
		1	2
3	200	3,19	
1	200	3,21	
2	200		3,63

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 45) muestran la formación de 2 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen  $C_1$  y  $C_3$ , no presentan diferencia significativa.  $C_3$  presenta la menor puntuación promedio (3.19)
- Subconjunto 2:  $C_2$  presenta la mayor puntuación promedio (3.63).

En el anexo 17 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- La menor media marginal corresponde a la interacción  $F_1 * C_2 = 2,90$ .
- La mayor media marginal corresponde a la interacción  $F_5 * C_2 = 3,95$ .
- Puntuación Olor promedio = 3.34.

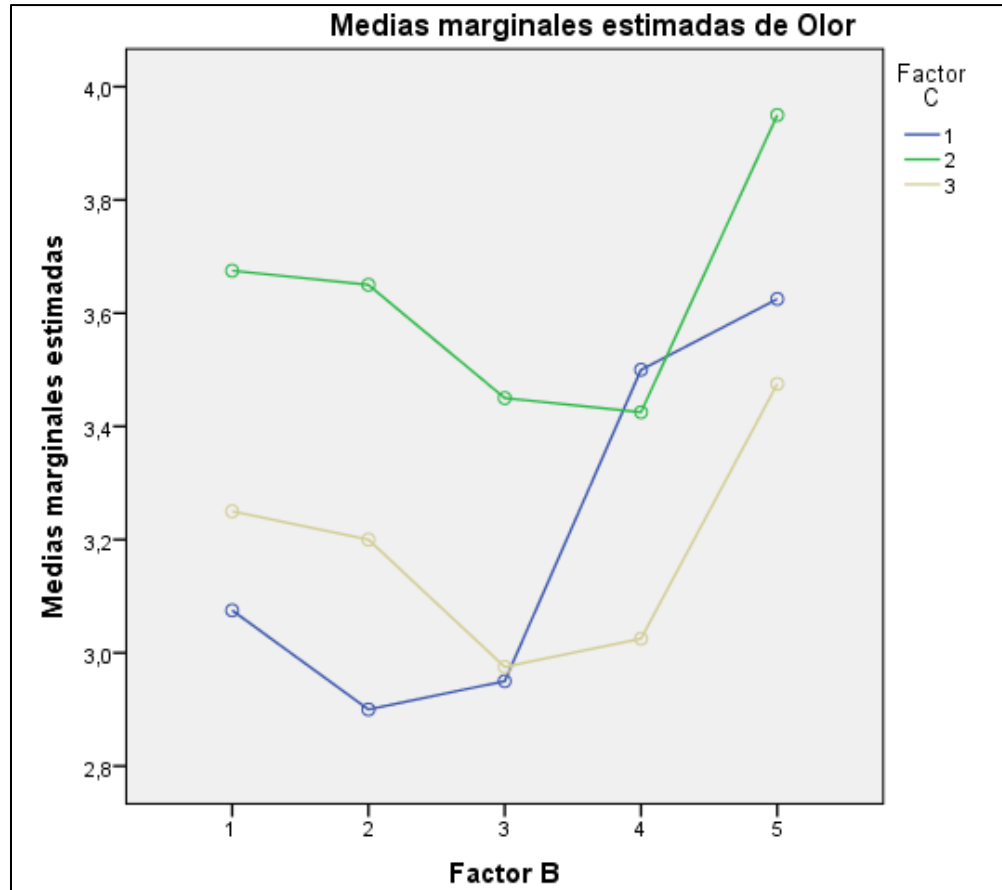


Figura 23. Atributo: Olor

La figura 23, nos muestra las medias marginales del atributo olor en función a los tratamientos (interacciones Fórmula \* Lúpulo).  $C_1$  y  $C_3$  presentan menos aceptabilidad, además de que las formulaciones con mayor concentración de cebada presentan mayor aceptabilidad. La vaina de algarroba posee un aroma característico que puede resultar muy intenso para el consumidor, además que aromas florales intensos otorgados por el lúpulo no son del agrado de los jueces.

Carvajal e Insuasti (2010), realizaron una valoración sensorial de 5 puntos de cerveza artesanal de yuca y cebada, de donde encontraron que la media más alta obtenida por

puntuación de jueces semientrenados en el atributo olor la poseen el testigo (cerveza comercial) y la mezcla 85% Cebada +15% Yuca con promedio de 2.9.

Gráficamente, se observa mucha variabilidad, por lo que se deduce que los datos se encuentran sesgados, debido a diversos factores como:

- Demora en servir la muestra, ya que el aroma es volátil.
- La vaina de algarroba aporta aromas no característicos a la cerveza.

#### 4.2.3. Sabor

**Cuadro 46. Análisis de varianza para Sabor**

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	Hipótesis	5086,682	1	5086,682	2140,496	,000
	Error	45,152	19	2,376 <sup>a</sup>		
Juez	Hipótesis	45,152	19	2,376	2,269	,006
	Error	79,607	76	1,047 <sup>b</sup>		
Fórmula	Hipótesis	165,727	4	41,432	39,555	,000
	Error	79,607	76	1,047 <sup>b</sup>		
Fórmula * Juez	Hipótesis	79,607	76	1,047	,959	,578
	Error	535,267	490	1,092 <sup>c</sup>		
Lúpulo	Hipótesis	1,563	2	,782	,716	,489
	Error	535,267	490	1,092 <sup>c</sup>		
Fórmula * Lúpulo	Hipótesis	13,003	8	1,625	1,488	,159
	Error	535,267	490	1,092 <sup>c</sup>		

Según el cuadro 46, se puede observar que la significancia de la variable fórmula es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La variable Lúpulo y la interacción Fórmula \* Lúpulo no tienen efecto significativo.

**Cuadro 47. Test de Duncan para Formulación – Sabor**

Factor A	N	Subconjunto		
		1	2	3
3	120	2,50		
1	120	2,50		



2	120	2,53		
4	120		3,23	
5	120			3,80

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 47) muestran la formación de 3 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ ; no presentan diferencia significativa.  $F_3$  presenta la menor puntuación promedio (2.50).
- Subconjunto 2:  $F_4$  presenta puntuación promedio (3.23).
- Subconjunto 3:  $F_5$  presenta la mayor puntuación promedio (3.8).

Las formulaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , en general, no fueron del agrado de los jueces.

En el anexo 18 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- La menor media marginal corresponde a la interacción  $F_2 * C_3 = 2,25$ .
- La mayor media marginal corresponde a la interacción  $F_5 * C_3 = 4,10$ .
- Puntuación Sabor promedio = 2.91.

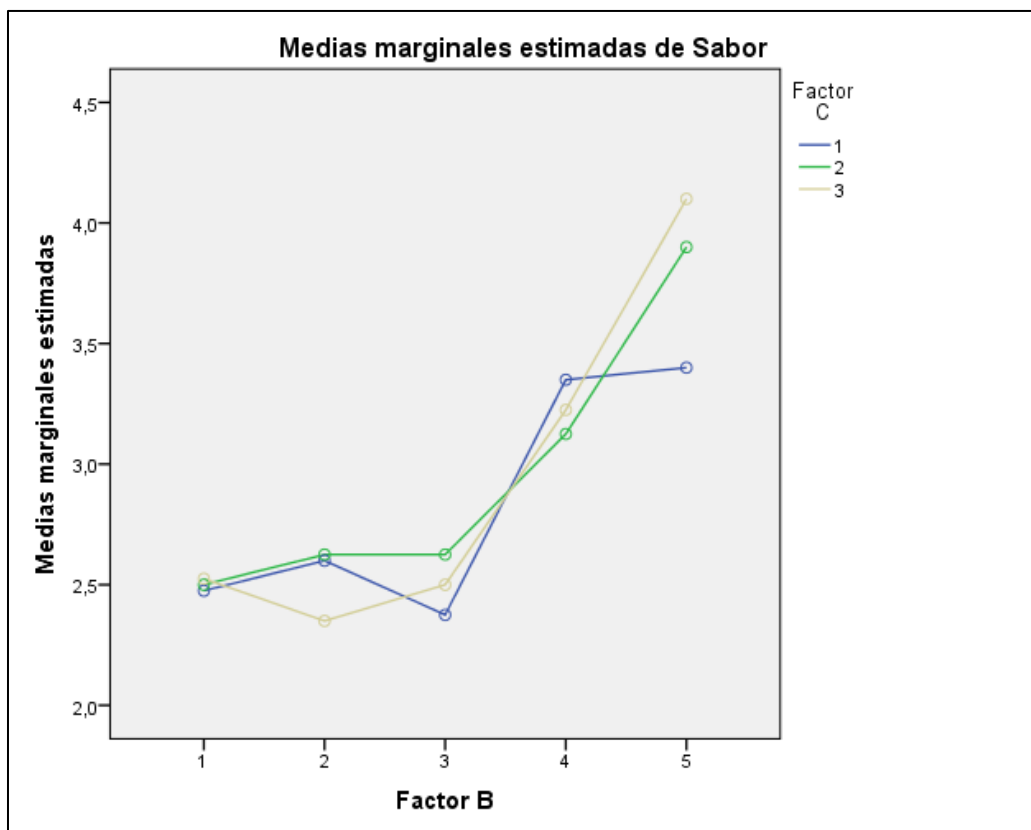


Figura 24. Atributo: Sabor

La figura 24, nos muestra las medias marginales del atributo sabor en función a la interacción Fórmula \* Lúpulo. Podemos observar una relación inversa: mientras menor sea la concentración de algarroba en la formulación, la gráfica sigue una tendencia ascendente, salvo en F<sub>3</sub> que presenta cierta variabilidad. La figura 14 muestra que las formulaciones con más concentración de algarroba presentan carácter más ácido al igual que aquellas con menor cantidad de lúpulo, al observar la figura 24 deducimos que existe una relación directa entre pH y aceptabilidad del atributo sabor.

Sanlate (2010) en la evaluación de la aceptabilidad general de cervezas de trigo estilo Weissbier, reportó que existe una correlación positiva alta entre los valores de pH y la aceptación general de los panelistas por la cerveza, lo que significó que a mayor pH se tiene mayor aceptación de los panelistas, concluyendo así, que los panelistas prefieren las cervezas con poco contenido de acidez. Rodríguez (2015), reportó que los tratamientos de mayor aceptabilidad sensorial son los que han sido regulados con pH inicial de maceración

de 6.0, que a su vez originaron cervezas menos ácidas en comparación a los regulados a pH de 5.0 evidenciándose una preferencia por el consumo de cervezas poco ácidas o alcalinas.

#### 4.2.4. Impresión Final

**Cuadro 48. Análisis de varianza para Impresión Final**

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	Hipótesis	5661,082	1	5661,082	2008,538	,000
	Error	53,552	19	2,819 <sup>a</sup>		
Juez	Hipótesis	53,552	19	2,819	3,779	,000
	Error	56,690	76	,746 <sup>b</sup>		
Fórmula	Hipótesis	91,177	4	22,794	30,558	,000
	Error	56,690	76	,746 <sup>b</sup>		
Fórmula * Juez	Hipótesis	56,690	76	,746	,765	,925
	Error	477,733	490	,975 <sup>c</sup>		
Lúpulo	Hipótesis	1,443	2	,722	,740	,478
	Error	477,733	490	,975 <sup>c</sup>		
Fórmula * Lúpulo	Hipótesis	7,323	8	,915	,939	,484
	Error	477,733	490	,975 <sup>c</sup>		

Según el cuadro 48, se puede observar que la significancia de la variable fórmula es menor a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La variable Lúpulo y la interacción Fórmula \* Lúpulo no tienen efecto significativo.

**Cuadro 49. Test de Duncan para Formulación – Impresión Final**

Factor A	N	Subconjunto		
		1	2	3
3	120	2,69		
1	120	2,78		
2	120	2,82		
4	120		3,37	
5	120			3,69

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 49) muestran la formación de 3 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ ; no presentan diferencia significativa.  $F_3$  presenta la menor puntuación promedio (2.69).
- Subconjunto 2:  $F_4$  presenta puntuación promedio de 3.37.
- Subconjunto 3:  $F_5$  presenta la mayor puntuación promedio (3.69).

Las formulaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , en general, no fue del agrado de los jueces.

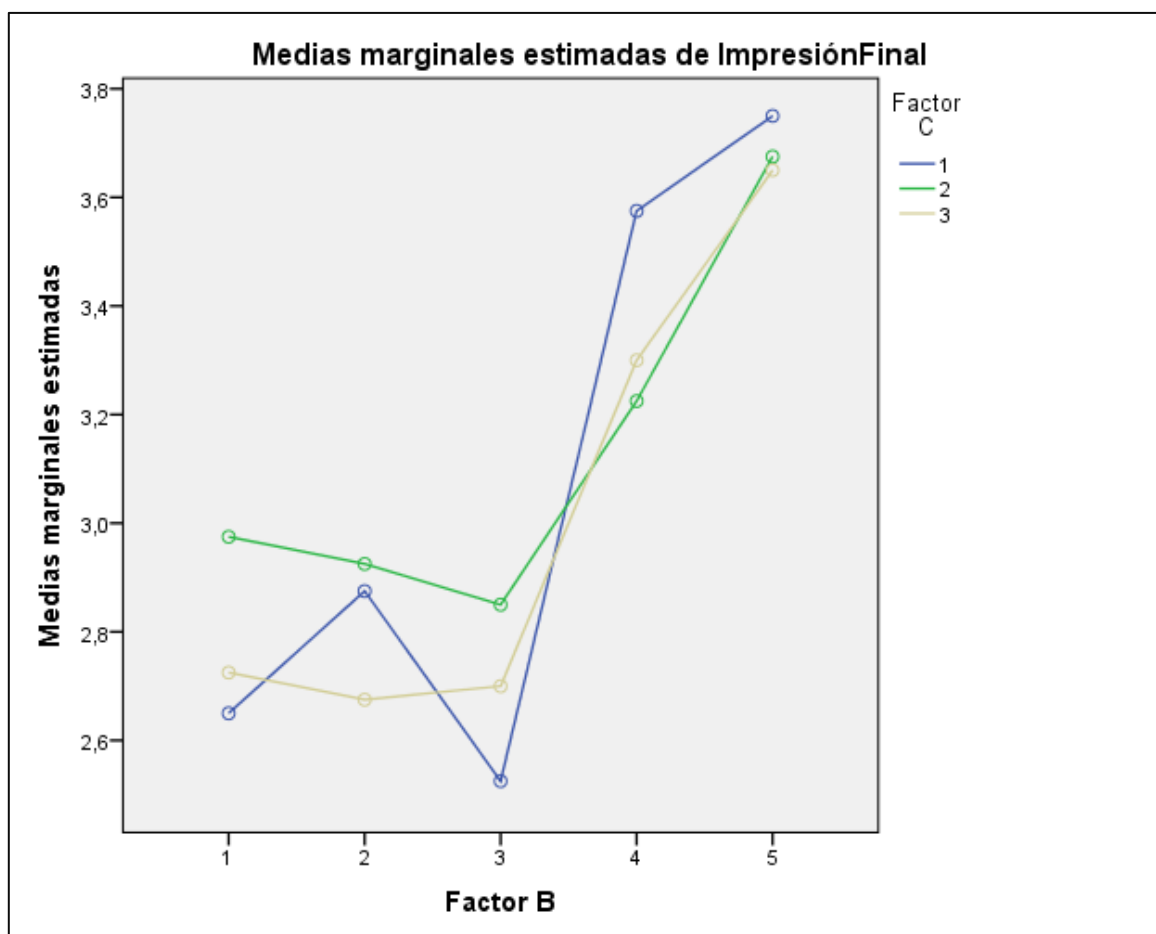


Figura 25. Atributo: Impresión Final

La figura 25, nos muestra las medias marginales del atributo impresión final en función a la interacción Fórmula \* Lúpulo. Podemos observar una relación inversa: mientras menor sea la concentración de algarroba en la formulación, la gráfica sigue una tendencia ascendente, en  $F_3 * C_1$  se muestra cierta variabilidad.

Gráficamente podemos observar que las medias marginales de mayor ponderación pertenecen a  $C_1$ , al poseer menor lúpulo, la persistencia del aroma de boca y del gusto desaparece con mayor rapidez que  $C_2$  y  $C_3$ .

Pérez y Boan (2008), mencionan que la impresión final es la persistencia del aroma de boca y del gusto, así como sensaciones debidas al tacto son las que configuran la impresión en su conjunto.

En la figura 25 podemos observar que las formulaciones con mayor concentración de algarroba obtienen menor aceptabilidad debido a que la vaina de algarroba posee un sabor característico que se mantiene en la boca aún después de haber pasado un tiempo. La mayor media marginal corresponde a  $F_5 * C_1$ , que es la formulación 40% de algarroba y 60% de cebada y menor cantidad de lúpulo 0,8 g/l.

En el anexo 19 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- La menor media marginal corresponde a la interacción  $F_1 * C_1 = 2,42$ .
- La mayor media marginal corresponde a la interacción  $F_5 * C_1 = 3,75$ .
- Puntuación Impresión Final promedio = 3,07.

#### 4.2.5. Puntaje Final

**Cuadro 50. Análisis de varianza para Puntaje Final**

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	Hipótesis	96875,627	1	96875,627	3781,820	,000
	Error	486,707	19	25,616 <sup>a</sup>		
Juez	Hipótesis	486,707	19	25,616	3,807	,000
	Error	511,343	76	6,728 <sup>b</sup>		
Fórmula	Hipótesis	1133,323	4	283,331	42,111	,000

	Error	511,343	76	6,728 <sup>b</sup>		
Fórmula * Juez	Hipótesis	511,343	76	6,728	,849	,810
	Error	3883,400	490	7,925 <sup>c</sup>		
Lúpulo	Hipótesis	112,123	2	56,062	7,074	,001
	Error	3883,400	490	7,925 <sup>c</sup>		
Fórmula * Lúpulo	Hipótesis	61,477	8	7,685	,970	,459
	Error	3883,400	490	7,925 <sup>c</sup>		

Según el cuadro 50, se puede observar que la significancia de las variables fórmula y lúpulo son menores a 0.05, se concluyó que existe efecto significativo, por lo que se procedió a realizar el test de Duncan. La interacción Fórmula \* Lúpulo no tiene efecto significativo.

**Cuadro 51. Test de Duncan para Formulación – Puntaje Final**

Factor A	N	Subconjunto		
		1	2	3
3	120	11,58		
1	120	11,63		
2	120	11,78		
4	120		13,47	
5	120			15,07

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 51) muestran la formación de 3 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>; no presentan diferencia significativa. F<sub>3</sub> presenta la menor puntuación promedio (11.58).
- Subconjunto 2: F<sub>4</sub> presenta puntuación promedio = 13.57.
- Subconjunto 2: F<sub>5</sub> presenta la mayor puntuación promedio (15.07).

**Cuadro 52. Test de Duncan para Lúpulo – Puntaje Final**

Factor B	N	Subconjunto	
		1	2
1	200	12,35	
3	200	12,46	
2	200		13,32

Los resultados de la prueba de Duncan (Cuadro 52) muestran la formación de 2 subconjuntos:

- Subconjunto 1: Pertenecen  $C_1$  y  $C_3$ , no presentan diferencia significativa.  $C_1$  presenta la menor puntuación promedio (12.35)
- Subconjunto 2:  $C_2$  presenta la mayor puntuación promedio (13.32).

En el anexo 20 encontramos las medias de cada interacción, de donde:

- La menor media marginal corresponde a la interacción  $F_3 * C_1 = 10.93$ .
- La mayor media marginal corresponde a la interacción  $F_5 * C_2 = 15.82$ .
- Puntuación Puntaje final promedio = 12.71.

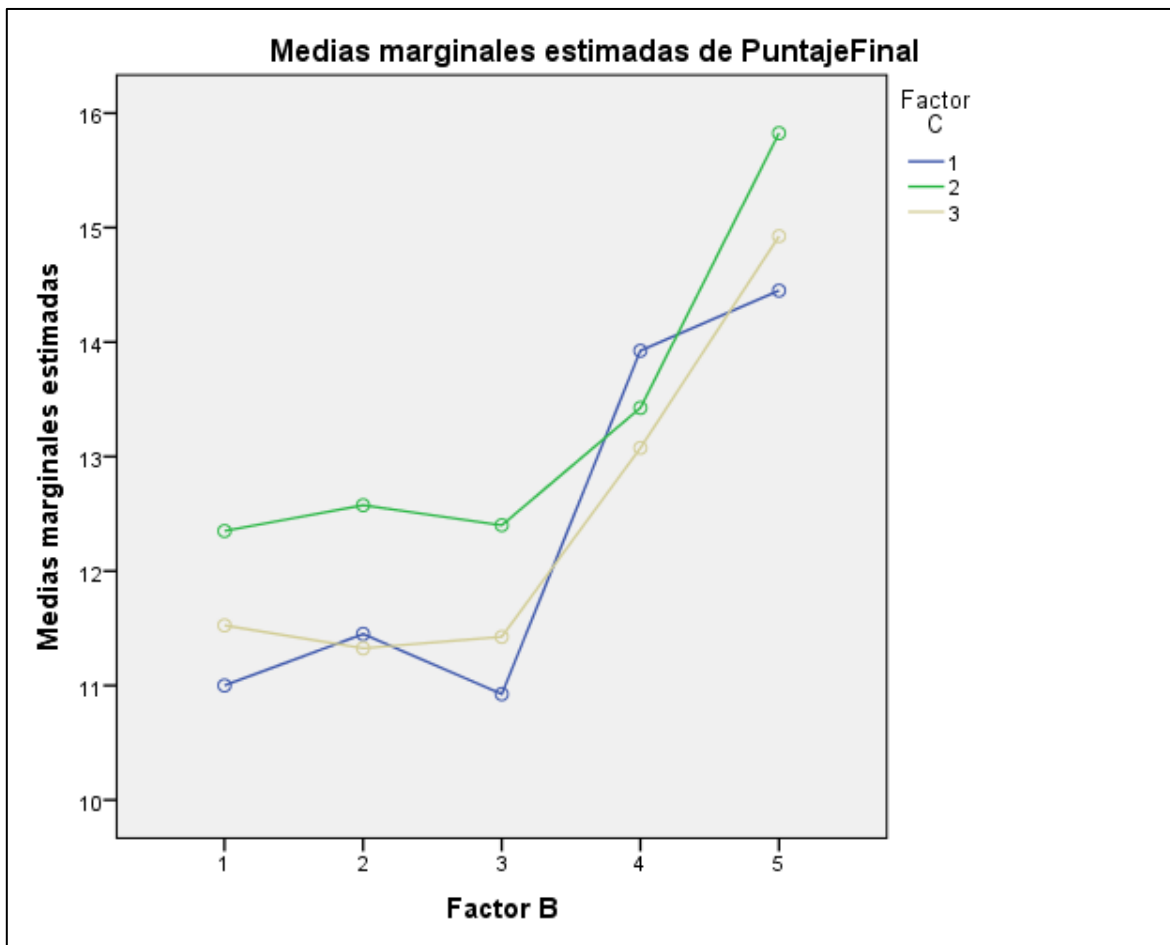


Figura 26. Atributo: Puntaje Final

La figura 26, nos muestra las medias marginales del atributo impresión final de todos los tratamientos (Fórmula \* Lúpulo).

Gráficamente, se observa una tendencia ascendente, sin embargo,  $F_3$  presenta cierta variabilidad, debido a:

- Variaciones anómalas en los atributos Sabor e Impresión Final, el bloque (jueces) está ejerciendo diferencia significativa.

El tratamiento que posee la mayor puntuación de atributos sensoriales es la interacción  $F_5 * C_2$ .



Se realizó un cuadro resumen de los parámetros encontrados en el tratamiento F5 \* C2.

**Cuadro 53. Parámetros físico – químicos del tratamiento F5 \* C2**

<b>Parámetro físico químico</b>	<b>Unidad</b>	<b>Parámetro NTP 213.014 (2014)</b>	<b>Parámetro NTE INEN 2 262 (2003)</b>	<b>Parámetro NTON 03 038 (2006)</b>	<b>Resultado</b>	<b>Clasificación</b>
Capacidad espumante	%	No especifica	No especifica	No especifica	70%	Cerveza espumante media
pH	unidad logarítmica	No especifica	3,5 – 5,0	3,0 – 4,8	4.29	Dentro de parámetro
Color	°EBC	De acuerdo al estilo	De acuerdo al estilo	De acuerdo al estilo	24.25	Cerveza clara (<30 EBC)
Carbonatación	Volúmenes de CO <sub>2</sub>	0,3	2,2 – 3,5	2,0 – 4,0	2.17	Nivel bajo
Amargor	IBUs	No especifica	No especifica	2,0 - 100	18.6	Bajo - Medio
Grado alcohólico	% (v/v)	0,5 %	2,0 – 5,0	0,0 – 12,0	4.32	Cerveza con alcohol
Densidad inicial	°Plato	5,0	No especifica	4,0	10.68	Cerveza
Densidad final	°Plato	No especifica	No especifica	No especifica	2.56	Sin detalle

### 4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL.

Los resultados de los análisis realizados al tratamiento F5 \* C2 se presentan en el cuadro 54. (Ver anexo 21)

**Cuadro 54. Resultados del análisis químico proximal del tratamiento F<sub>5</sub> \* C<sub>2</sub>**

COMPONENTE	RESULTADOS (%)	CERVEZA COMERCIAL (*)
Extracto seco	2.73	3.6
Humedad	97.27	96.4
Cenizas totales	0.17	0.1
Azúcares totales	1.74	3.1
Proteína total	0.57	0.4
Grasa total	0.25	0.0
Alcohol	4.3	4.0
<b>Energía (Kcal/100g)</b>	<b>41.6</b>	<b>41</b>

(\*) Valores encontrados en cerveza comercial blanca, según Bejarano et al (2002)

De Mesones (2005), señala que, según la proporción de malta y agua que utilizemos durante la maceración, obtendremos concentraciones del mosto diferentes, lo que nos lleva a niveles de extractos disueltos de diferente cuantía que afectarán de diferente manera la filtración de la maceración y la composición final de azúcares fermentables y no fermentables. Las temperaturas utilizadas durante el transcurso de la maceración también afectarán al nivel final de proteínas contenidas y disueltas en el mosto.

Podemos observar que los resultados obtenidos no distan demasiado de los teóricos, sin embargo, el contenido de azúcares totales es diferente al referencial, el porcentaje de lípidos es hallado por diferencia de los demás componentes, por lo que este aumenta.

#### 4.4. ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS.

Los resultados de los análisis realizados al tratamiento F<sub>5</sub> \* C<sub>2</sub> se presentan en el cuadro 55. (Ver anexo 21)

**Cuadro 55. Resultados del análisis microbiológico del tratamiento F<sub>5</sub> \* C<sub>2</sub>**

<b>Microorganismo</b>	<b>Valores encontrados</b>	<b>Parámetro NTP 213.014 (2014)</b>	<b>Parámetro NTE INEN 2 262 (2003)</b>	<b>Parámetro NTON 03 038 (2006)</b>
Mohos (UFC/ml)	< 3	No especifica	50	20
Levaduras (UFC/ml)	< 3	No especifica	50	100

Los resultados de las pruebas microbiológicas realizadas al tratamiento muestran que se encuentran dentro de los parámetros permitidos por las diversas normas técnicas, entendiéndose como un producto elaborado bajo condiciones adecuadas de higiene que cumplen con la Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), lo que garantiza que es un producto apto para ser consumido.

## CONCLUSIONES

- Se logró el objetivo principal que es la elaboración de una cerveza artesanal tipo ale a partir de la vaina de algarroba ((*Prosopis pallida*) y cebada malteada (*Hordeum vulgare*) con 3 niveles de lúpulo.
- Los parámetros de control en el proceso de elaboración de cerveza tipo ale son:  
Temperatura y densidad:

Temperatura: de maceración en tres tiempos = 53°C x 30', 65°C x 30' y 78°C x 10'; de cocción: 90 °C x 90'; de inoculación y fermentación primaria: 20 °C y de fermentación secundaria: 12 a 15 °C

Densidad: Densidad Original Mosto Cebada = 1.050; Densidad Original Mosto Algarroba = 1.030 y Densidad final cerveza = 1.010.

- De los parámetros físico-químicos estudiados (Capacidad espumante, pH, Color, Carbonatación, Amargor, Grado alcohólico y Densidad inicial/Final) se determinaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Todos los tratamientos se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la NTP 213.014 (2014).
- Mediante el análisis sensorial, la interacción con mayor puntuación otorgada por los jueces semientrenados fue  $F_5 * C_2$ : formulación 40% de algarroba y 60% de cebada malteada con 1.0 g/l de lúpulo.
- Los resultados obtenidos en el análisis químico proximal fueron: Extracto seco 2.73 %, Humedad 97.27%, Cenizas totales 0.17%, Azúcares totales 1.74%, Proteína total 0.57%, Grasa total 0.25% y Alcohol 4.3%
- Los resultados microbiológicos encontrados en el tratamiento  $F_5 * C_2$  se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la NTP 213.014 (2014). Se califica al producto como apto para el consumo.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere determinar concentraciones de azúcares o extracto de malta añadidos al mosto de algarroba para incrementar la densidad original sin afectar las características sensoriales debido a que el mosto de algarroba presenta menor cantidad de azúcares fermentables, por lo que el grado alcohólico de la cerveza obtenido es menor. En ensayos anteriores se intentó aumentar estos azúcares aumentando la cantidad de materia prima inicial y reduciendo la dilución en agua, sin embargo, el sabor y aroma de este mosto no es agradable por ser demasiado intenso.
- Se recomienda realizar pruebas de tostado de las vainas de algarroba para usarlas como una malta especial para desarrollar un nuevo procedimiento.
- Se sugiere determinar el amargor mediante el método de análisis AOAC (1995), ya que en la estimación del parámetro se usaron métodos matemáticos, despreciando si la algarroba posee alfa ácidos aumentando el amargor final de la cerveza.
- Se recomienda evaluar la rentabilidad de la producción del producto elaborado y realizar un estudio de mercado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aedo, R. (2007). Factibilidad técnico-económica de generar productos alimenticios a partir del fruto de Algarrobo Chileno (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz) para la alimentación humana o animal. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Chile.
- A.O.A.C. (1990). Official Methods of analysis of A.O.A.C. International, 15th edition. Virginia USA.
- Akar, T., Avci, M., Dusunceli, F. (2004). Barley: Post-harvest operations. Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://www.fao.org/3/a-au997e.pdf>
- Anabel, M. (2011). Fermentación de malta empleando un sistema semi continuo en el proceso de elaboración de cerveza. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca México.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acirbia. España
- Aparicio, S. (2000). Cinética del proceso de fermentación alcohólica del mosto de cerveza.
- Asencio, F. (1997). La producción de algarroba de los bosques secos. Economía y medio ambiente en la Región Grau. Trabajo del Colegio Andino N° 22. Cuzco, CBC; Central Peruana de servicios Piura.
- Barrientos, M. (2011). Evaluación del efecto de un serpentín helicoidal sobre la relación espuma – cerveza (tipo Lager) y sobre el flujo de cerveza en un dispensador de cerveza artesanal de barril. Universidad de San Carlos. Nueva Guatemala de la Asunción, Guatemala.
- Bejarano, E.; Bravo, M.; Mayola, D.; Huapaya, C.; Roca, A. y Rojas, E. (2002). Tabla de composición de alimentos Industrializados. Lima.
- Bial-Arístegui. (2002). *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex Hansen. Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com/files/039.PDF>

- Broderick, H. (1997). El cervecero en la práctica. MBAA, Lima, Perú.
- Carvajal, L., Insuasti, M. (2010). Elaboración de cerveza artesanal utilizando (Hordeum vulgare y yuca (Manihot Esculenta Crantz). Tesis para optar al grado de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Ibarra: Ecuador.
- Castañé, X. (2002). Control de calidad sensorial en un grupo cervecero multifactoria. Grupo Damm. España.
- Castillo, E. (2002). Estudio de mercado para la comercialización de algarrobina. Proyecto cooperativo entre Promace – Proyecto Algarrobo, INRENA. Piura: Perú.
- Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias-INDECOPI. (2014). Norma Técnica Peruana 213.014: Cerveza y sus requisitos. Lima, Perú: El ministerio
- Cordero, G. (2013). Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España
- Cortez, C. (2010). Definición de parámetros de calidad del café de algarroba para la elaboración de una norma técnica. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Piura: Perú.
- Crespo, L., Soldevilla, G. (1991). Avances en análisis sensorial y paneles de cata en modernas tecnologías en el procesado de alimentos. Córdoba, España.
- Dantur, M. (2006). Estudio de mercado para la organización de una pyme de bases biotecnológicas: cerveza de elaboración artesanal. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- De la Presa, C. (2002). Aplicaciones del análisis sensorial en la industria vitivinícola. Beringer Blass Wine Estates. Estados Unidos.
- De Mesones, B. (2005). Maestro cervecero. Universidad Versuchs - und Lehranstalt für Brauerei (VLB). Berlín, Alemania. Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://birrapedia.com/img/source/bier/Manual%20de%20elaboracion%20para%20maestros%20cerveceros.pdf>
- El Mercado de algarroba vuelve a crecer. (2016, 15 de marzo). Recuperado de <http://radiocultivalu.org/el-mercado-de-la-algarroba-piurana-vuelve-a-crecer/>

- Fajardo, E., Sarmiento, S. (2007). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá Colombia.
- Fermentis. (2010, 12 de marzo). Levadura de cervecería para fabricación artesanal Recuperado el 20 de junio de 2016 de [http://www.fermentis.com/wp-content/uploads/2010/07/2010TTSPanish\\_INSIDE.pdf](http://www.fermentis.com/wp-content/uploads/2010/07/2010TTSPanish_INSIDE.pdf)
- Ferriol, T. (2012). Elaboración de cerveza de algarroba. Mallorca España
- García, L. (2013). Biotecnología de la Producción de Cerveza. España: Universidad de Oviedo.
- Gigliarelli, P. (2008, 25 de agosto). El color de la cerveza. [Versión electrónica] Revista SMASH. Recuperado el 30 de diciembre de 2017 de <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=350>
- Gigliarelli, P. (2016, 14 de marzo). La maduración. [Versión electrónica] Revista SMASH. Recuperado el 22 de junio de 2016 de <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=424>
- González, M. (2004, 10 de diciembre). Carbonatación. [Versión electrónica] Revista SMASH. Recuperado el 22 de junio de 2016 de <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=424>
- Gorostiaga, F. (2008). Manual del proceso de elaboración de cerveza. Primera Edición, Quito-Ecuador.
- Grados, N., Cruz, G. (1994). La algarroba: Perspectivas de utilización industrial. Piura: Universidad de Piura.
- Grados, N., Ruiz, W., Cruz, G., Díaz, C., Puicón, J. (2000). Productos industrializables de la algarroba peruana (*Prosopis pallida*): algarrobina y harina de algarroba industrial. Piura, Perú.
- Granados, J. (2008). La cerveza. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://www.monografias.com/trabajos54/cerveza/cerveza2.shtml>
- Haehn, H. (1991). Bioquímica de las fermentaciones. Editorial Aguilar. España.
- Hernández, A. (2003). Microbiología Industrial. Costa Rica: Editorial San José.



- Hough, J. (2001). Biotecnología de la cerveza y de la malta. Zaragoza--España: Editorial Acribia.
- Huaruco, L. (2015, 17 de setiembre). Cerveceros artesanales peruanos proyectan vender 1 millón de litros en 2015. Diario Gestión. Recuperado el 5 de julio de 2016 de <http://gestion.pe/empresas/cerveceros-artesanales-peruanos-proyectan-vender-1-millon-litros-2015-2143082>
- ICMSF. (2005). Bacterias productoras de enfermedades transmitidas por los alimentos. En: Microorganismos de los Alimentos I. Técnicas de análisis microbiológico. 2da ed. Acribia. España.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2002). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 324:2002: Bebidas Alcohólicas: Cerveza. Determinacion de dióxido de carbono y aire. Quito Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2003). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 262:2003: Bebidas Alcohólicas: Cerveza. Requisitos. Quito Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). Perú: Consumo Per Cápita de los Principales Alimentos 2008-2009. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). Producción de la industria de productos alimenticios y bebidas, 2007 – 2012. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales: Ministerio de Agricultura del Perú. (2004). Estudio de mercado para la comercialización de algarroba en el departamento de Piura. Piura.
- Jim, M. (13 de marzo de 2017). Carbonatación – teoría de la fermentación en botella. [Entrada en blog] Cervezomicon. Recuperado de: <http://cervezomicon.com/2017/03/13/carbonatación-teoria-de-la-fermentacion-en-botella/>
- Jim, M. (28 de octubre de 2014). Levaduras - Atenuación. [Entrada en blog] Cervezomicon. Recuperado de: <http://www.cervezomicon.com/2014/10/28/levaduras-atenuacion/>
- Lira, J. (2016, 25 de mayo). ¿Cuánto es el consumo per cápita de bebidas alcohólicas en el Perú? La gestión. Recuperado el 15 de junio de 2016 de

<http://gestion.pe/economia/cuanto-consumo-per-capita-bebidas-alcoholicas-peru-2161596/2>

- Martínez, A. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Universidad de Lleida. España.
- Mendoza, A., Talledo, J. (1987). Estudio técnico económico para la industrialización del fruto del algarrobo. Universidad Nacional de Piura. Piura Perú.
- Ministerio de la Producción y Viceministerio de MYPE e Industria. (2014). Producción peruana de la industria de productos alimenticios y bebidas. Lima, Perú.
- Molina, J. (1987). La cebada cervecera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Sevilla, España: Edición la Cruz del Campo.
- Montgomery, D. (2004). Diseño y Análisis de experimentos. Limusa. México.
- Norma técnica Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2006). Norma técnica obligatoria nicaragüense. 03 038 – 06: Bebidas fermentadas: cerveza, especificaciones. Nicaragua.
- Normas Mexicanas - Departamento de Normalización Nacional. (1972). NMX-V-029-1972. Método de prueba para la determinación de proteínas en aguamiel. México.
- Normas Mexicanas - Departamento de Normalización Nacional. (1981). NMX-V-017-S-1981. Bebidas alcohólicas: Determinación de extracto seco y cenizas. México.
- Normas Mexicanas - Departamento de Normalización Nacional. (2011). NMX-F-496-SCFI-2011. Industria azucarera y alcoholera: Determinación de reductores totales en azúcares y materiales azucarados. México.
- Nutriguía. (2003, 1 de julio). Malta: Composición Nutricional. Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://nutriguia.com/alimentos/malta.html>
- Obregón, J. (2010). Efecto de la concentración de alfa – amilasa en las características fisicoquímicas y evaluación sensorial de cerveza de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad morado mejorado PMV-581. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

- OECD (2004). Consensus document on compositional considerations for new varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.): Key food and feed nutrients and anti-nutrients. OECD, Paris.
- Organización Mundial de la salud. (2014). Global status report on alcohol and health 2014. Luxemburgo. Recuperado el 5 de Julio de 2016, de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112736/1/9789240692763\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112736/1/9789240692763_eng.pdf)
- Palmer, G. (1991). Cereal Science and Technology. Edimburgo: Escocia. Recuperado el 15 de junio de 2016 de [http://www.agraria.com.br/extranet/arquivos/agromalte\\_arquivo/o\\_futuro\\_do\\_cereal\\_e\\_da\\_malteacao.pdf](http://www.agraria.com.br/extranet/arquivos/agromalte_arquivo/o_futuro_do_cereal_e_da_malteacao.pdf)
- Peña, D. (2011). Manejo integrado de los cultivos trigo y cebada. Módulo de capacitación para capacitadores. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias INIAP. Quito: Ecuador.
- Pérez, C., Boan, M. (2008). Evaluación sensorial. B.A. Malt S.A. Recuperado el 22 de junio de 2016 de [http://www.somoscervecedores.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/3\\_evaluacion\\_sensorial\\_santafe2008.pdf](http://www.somoscervecedores.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/3_evaluacion_sensorial_santafe2008.pdf)
- Prokopiuk, D. (2004). Sucedáneo del café a partir de la algarroba *Prosopis alba* Griseb. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Rajendram, R. (2009). Beer in health and disease prevention. Elsevier. Estados Unidos.
- Reyes, M., Gómez-Sánchez I., Espinoza C., Bravo, F., Ganoza, L. (2009). Tablas peruanas de composición de Alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima, Perú.
- Rodríguez, H. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecería Kunstmann S.A. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia: Chile.
- Rodríguez, W. (2015). Efecto de la sustitución de cebada (*hordeum vulgare*) por quinoa (*chenopodium quinoa*) y del pH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale. Tesis para optar el

título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

- Romero, C., Benítez, E., Peruchena, N., Sosa, G., Lozano, J. (2012). ¿A qué se debe la formación y estabilidad de la espuma en cerveza? Estudio en cervezas regionales del nordeste argentino. Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://frre.utn.edu.ar/IIJCyT/clean/files/get/item/2197>
- Ruiz, W., Cruz G., Grados, N. (1998). Aprovechamiento integral de la algarroba (*Prosopis* sp.) como medio para impulsar y promover el desarrollo sostenible de los bosques secos de la Región Grau. En Bosques secos y desertificación. Memorias del seminario Internacional Proyecto Algarrobo. INRENA: Lima.
- Sanlate, J. (2010). Efecto de la temperatura de tostado de malta y del porcentaje de trigo en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Weissbier Alemana. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero en Agroindustria alimentaria. Universidad de Zamorano. Francisco Morazán, Honduras.
- Suárez, M. (2013). Cerveza: componentes y propiedades. España: Universidad de Oviedo.
- Tintó, F., Sánchez, J., M. Vidal, P. Vijan (2004). La cerveza artesanal. Cerveart, Sabadell, España.
- Varnan, A., Sutherland, J. (1997). Bebidas: Tecnología, Química y Microbiología. Editorial Acribia. España.
- Villegas, L. (2013). Reingeniería de la planta de cerveza artesanal Cherusker. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Vincent, M.; Álvarez, S. y Zaragoza, J. (2006). Química industrial orgánica. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Vogel, W. (1999). Elaboración casera de cerveza. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
- Vogrig, W. (2004, 18 de diciembre). Cálculo de IBUs [Versión electrónica] Revista SMASH. Recuperado el 26 de enero de 2018 de <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=71>

- Von Bothmer, R. (1992). The wild species of Hordeum: Relationships and potential use for improvement of cultivated barley. Wallingford: Inglaterra. C.A.B International.
- Wolke, E. (2005). Lo que Einstein le contó a su cocinero. Ediciones R

## ANEXOS

### ANEXO 1. Atributos y puntuación.

CARACTERISTICAS	PUNTAJE	DESCRIPCION
APARIENCIA	1	Me disgusta mucho
	2	Me disgusta ligeramente
	3	No me gusta ni me disgusta
	4	Me gusta ligeramente
	5	Me gusta mucho
OLOR	1	Me disgusta mucho
	2	Me disgusta ligeramente
	3	No me gusta ni me disgusta
	4	Me gusta ligeramente
	5	Me gusta mucho
SABOR	1	Me disgusta mucho
	2	Me disgusta ligeramente
	3	No me gusta ni me disgusta
	4	Me gusta ligeramente
	5	Me gusta mucho
IMPRESIÓN FINAL	1	Me disgusta mucho
	2	Me disgusta ligeramente

	3	No me gusta ni me disgusta
	4	Me gusta ligeramente
	5	Me gusta mucho

## ANEXO 2. Ficha de calificación



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

### Ficha de Calificación de Cerveza

Nombre				Fecha
Instrucciones	<p>1. Observe con atención el momento en que la cerveza es servida en los vasos de vidrio ubicados en la mesa principal. Califique apariencia, coloque la puntuación que usted considere adecuada. (1-5).</p> <p>2. Acerque la muestra a su nariz y exhale suavemente, detectando los aromas que la muestra presente. Otorgue calificación (1-5).</p> <p>3. Tome la muestra de forma pausada. Otorgue calificación (1-5).</p> <p>4. Pasado 10 segundos desde de haber ingerido la muestra detecte el gusto restante en su boca. Otorgue calificación (1-5).</p>			
Cantidad Lúpulo	1	2	3	

	Apariencia	Olor	Sabor	Impresión final
GT5				
A2L				
JJ0				
QR7				
2BH				

### ANEXO 3. Contenido de CO<sub>2</sub> – NTE INEN 2324

Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	0,95
Temperatura (°C)																			
-1,0	3,31	3,39	3,47	3,55	3,63	3,71	3,79	3,87	3,94	4,02	4,10	4,18	4,26	4,34	4,42	4,50	4,58	4,66	4,74
-0,5	3,25	3,33	3,41	3,49	3,57	3,64	3,72	3,80	3,88	3,96	4,03	4,11	4,19	4,27	4,35	4,42	4,50	4,58	4,66
0,0	3,20	3,28	3,35	3,43	3,50	3,58	3,66	3,74	3,81	3,89	3,97	4,04	4,12	4,20	4,27	4,35	4,43	4,50	4,58
0,5	3,14	3,22	3,30	3,37	3,45	3,52	3,60	3,67	3,75	3,82	3,90	3,97	4,05	4,13	4,20	4,28	4,35	4,43	4,50
1,0	3,09	3,17	3,24	3,31	3,39	3,46	3,54	3,61	3,69	3,76	3,83	3,91	3,98	4,06	4,13	4,21	4,28	4,35	4,43
1,5	3,04	3,11	3,19	3,26	3,33	3,41	3,48	3,55	3,62	3,70	3,77	3,84	3,92	3,99	4,06	4,13	4,21	4,28	4,35
2,0	2,99	3,06	3,13	3,21	3,28	3,35	3,42	3,49	3,56	3,64	3,71	3,78	3,85	3,92	3,99	4,07	4,14	4,21	4,28
2,5	2,94	3,01	3,08	3,15	3,22	3,29	3,36	3,43	3,50	3,58	3,65	3,72	3,79	3,86	3,93	4,00	4,07	4,14	4,21
3,0	2,89	2,96	3,03	3,10	3,17	3,24	3,31	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66	3,72	3,79	3,86	3,93	4,00	4,07	4,14
3,5	2,84	2,91	2,98	3,05	3,12	3,19	3,25	3,32	3,39	3,46	3,53	3,60	3,66	3,73	3,80	3,87	3,94	4,00	4,07
4,0	2,80	2,86	2,93	3,00	3,07	3,13	3,20	3,27	3,33	3,40	3,47	3,54	3,60	3,67	3,74	3,80	3,87	3,94	4,01
4,5	2,75	2,82	2,88	2,95	3,02	3,08	3,15	3,21	3,28	3,35	3,41	3,48	3,54	3,61	3,68	3,74	3,81	3,88	3,94
5,0	2,71	2,77	2,84	2,90	2,97	3,03	3,10	3,16	3,23	3,29	3,36	3,42	3,49	3,55	3,62	3,68	3,75	3,81	3,88
5,5	2,66	2,73	2,79	2,86	2,92	2,98	3,05	3,11	3,17	3,24	3,30	3,37	3,43	3,49	3,56	3,62	3,69	3,75	3,81
6,0	2,62	2,68	2,75	2,81	2,87	2,94	3,00	3,06	3,12	3,19	3,25	3,31	3,38	3,44	3,50	3,56	3,63	3,69	3,75
6,5	2,58	2,64	2,70	2,76	2,83	2,89	2,95	3,01	3,07	3,14	3,20	3,26	3,22	3,38	3,44	3,51	3,57	3,63	3,69
7,0	2,54	2,60	2,66	2,72	2,78	2,84	2,90	2,96	3,02	3,09	3,15	3,21	3,27	3,33	3,39	3,45	3,51	3,57	3,63
7,5	2,50	2,56	2,62	2,68	2,74	2,80	2,86	2,92	2,98	3,04	3,10	3,16	3,22	3,28	3,34	3,40	3,46	3,52	3,58
8,0	2,46	2,52	2,58	2,63	2,69	2,75	2,81	2,87	2,93	2,99	3,05	3,11	3,16	3,22	3,28	3,34	3,40	3,46	3,52
8,5	2,42	2,48	2,53	2,59	2,65	2,71	2,77	2,82	2,88	2,94	3,00	3,06	3,11	3,17	3,23	3,29	3,35	3,40	3,46
9,0	2,38	2,44	2,49	2,55	2,61	2,67	2,72	2,78	2,84	2,89	2,95	3,01	3,07	3,01	3,18	3,24	3,29	3,35	3,41
9,5	2,34	2,40	2,46	2,51	2,57	2,62	2,68	2,74	2,79	2,85	2,90	2,96	3,02	3,07	3,13	3,19	3,24	3,30	3,35
10,0	2,31	2,36	2,42	2,47	2,53	2,58	2,64	2,69	2,75	2,80	2,86	2,91	2,97	3,03	3,08	3,14	3,19	3,25	3,30
10,5	2,27	2,32	2,38	2,43	2,49	2,54	2,60	2,65	2,71	2,76	2,81	2,87	2,92	2,98	3,03	3,09	3,14	3,20	3,25
11,0	2,23	2,29	2,34	2,40	2,45	2,50	2,56	2,61	2,66	2,72	2,77	2,82	2,88	2,93	2,99	3,04	3,09	3,15	3,20
11,5	2,20	2,25	2,31	2,36	2,41	2,46	2,52	2,57	2,62	2,68	2,73	2,78	2,83	2,89	2,94	2,99	3,05	3,10	3,15
12,0	2,17	2,22	2,27	2,32	2,37	2,43	2,48	2,53	2,58	2,63	2,69	2,74	2,79	2,84	2,89	2,95	3,00	3,05	3,10
12,5	2,13	2,18	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,59	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05
13,0	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,71	2,76	2,81	2,86	2,91	2,96	3,01



Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	0,95
Temperatura (°C)																			
13,5	2,07	2,12	2,17	2,22	2,27	2,32	2,37	2,42	2,47	2,52	2,56	2,61	2,66	2,71	2,76	2,81	2,86	2,91	2,96
14,0	2,04	2,09	2,13	2,18	2,23	2,28	2,33	2,38	2,43	2,48	2,53	2,57	2,62	2,67	2,72	2,77	2,82	2,87	2,92
14,5	2,01	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,34	2,39	2,44	2,49	2,54	2,58	2,63	2,68	2,73	2,78	2,82	2,87
15,0	1,98	2,02	2,07	2,12	2,17	2,21	2,26	2,31	2,36	2,40	2,45	2,50	2,55	2,59	2,64	2,69	2,73	2,78	2,83
15,5	1,95	1,99	2,04	2,09	2,13	2,18	2,23	2,27	2,32	2,37	2,41	2,46	2,51	2,55	2,60	2,65	2,69	2,74	2,79
16,0	1,92	1,96	2,01	2,06	2,10	2,15	2,19	2,24	2,29	2,33	2,38	2,42	2,47	2,52	2,56	2,61	2,65	2,70	2,75
16,5	1,89	1,93	1,98	2,02	2,07	2,12	2,16	2,21	2,25	2,30	2,34	2,39	2,43	2,48	2,52	2,57	2,61	2,67	2,70
17,0	1,86	1,89	1,95	1,99	2,04	2,08	2,13	2,17	2,22	2,26	2,31	2,35	2,40	2,44	2,49	2,53	2,58	2,62	2,66
17,5	1,83	1,88	1,92	1,97	2,01	2,05	2,10	2,14	2,19	2,23	2,27	2,32	2,36	2,41	2,45	2,49	2,54	2,58	2,63
18,0	1,81	1,85	1,89	1,94	1,98	2,02	2,07	2,11	2,15	2,20	2,24	2,28	2,33	2,37	2,41	2,46	2,50	2,54	2,59
18,5	1,80	1,82	1,87	1,91	1,95	1,99	2,04	2,08	2,12	2,16	2,21	2,25	2,29	2,34	2,38	2,42	2,46	2,51	2,55
19,0	1,75	1,80	1,84	1,88	1,92	1,96	2,01	2,05	2,09	2,13	2,18	2,22	2,26	2,30	2,34	2,39	2,43	2,47	2,51
19,5	1,73	1,77	1,81	1,85	1,89	1,94	1,98	2,02	2,06	2,10	2,14	2,18	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	2,43	2,48
20,0	1,70	1,74	1,79	1,83	1,87	1,91	1,95	1,99	2,03	2,07	2,11	2,15	2,19	2,24	2,28	2,32	2,36	2,40	2,44
20,5	1,68	1,72	1,76	1,80	1,84	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,20	2,24	2,28	2,32	2,36	2,40
21,0	1,66	1,69	1,73	1,77	1,81	1,85	1,89	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,17	2,21	2,25	2,29	2,33	2,37
21,5	1,63	1,67	1,71	1,75	1,79	1,83	1,87	1,91	1,94	1,98	2,02	2,06	2,10	2,14	2,18	2,22	2,26	2,30	2,34
22,0	1,61	1,65	1,69	1,72	1,76	1,80	1,84	1,88	1,92	1,96	1,99	2,03	2,07	2,11	2,15	2,19	2,23	2,26	2,30
22,5	1,59	1,62	1,66	1,70	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89	1,93	1,97	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,19	2,23	2,27
23,0	1,56	1,60	1,64	1,68	1,71	1,75	1,79	1,83	1,86	1,90	1,94	1,98	2,01	2,05	2,09	2,13	2,16	2,20	2,24
23,5	1,54	1,58	1,62	1,65	1,69	1,73	1,76	1,80	1,84	1,87	1,91	1,95	1,99	2,02	2,06	2,10	2,13	2,17	2,21
24,0	1,52	1,56	1,59	1,63	1,67	1,70	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,96	1,99	2,03	2,07	2,10	2,14	2,18
24,5	1,50	1,53	1,57	1,61	1,64	1,68	1,71	1,75	1,79	1,82	1,86	1,89	1,93	1,97	2,00	2,03	2,07	2,11	2,15
25,0	1,48	1,51	1,55	1,58	1,62	1,66	1,69	1,73	1,76	1,80	1,83	1,87	1,90	1,94	1,98	2,01	2,05	2,08	2,12
25,5	1,46	1,49	1,53	1,56	1,60	1,63	1,67	1,70	1,74	1,77	1,81	1,84	1,88	1,91	1,95	1,98	2,02	2,05	2,09
26,0	1,44	1,47	1,51	1,54	1,58	1,61	1,65	1,68	1,71	1,75	1,78	1,82	1,85	1,89	1,92	1,96	1,99	2,03	2,06
26,5	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,62	1,66	1,69	1,73	1,76	1,79	1,83	1,86	1,90	1,93	1,96	2,00	2,03
27,0	1,40	1,43	1,47	1,50	1,53	1,57	1,60	1,64	1,67	1,70	1,74	1,77	1,80	1,84	1,87	1,90	1,94	1,97	2,00
27,5	1,38	1,41	1,45	1,48	1,51	1,55	1,58	1,61	1,65	1,68	1,71	1,75	1,78	1,81	1,85	1,88	1,91	1,94	1,98
28,0	1,36	1,40	1,43	1,46	1,49	1,53	1,56	1,59	1,62	1,66	1,69	1,72	1,76	1,79	1,82	1,85	1,89	1,92	1,95

**ANEXO 4. Valores Capacidad Espumante de cerveza artesanal tipo ale de vaina de  
algarroba y cebada malteada**

<b>Lúpulo</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Volumen Inicial (ml)</b>	<b>Volumen Final (ml)</b>	<b>Volumen de espuma (ml)</b>	<b>Capacidad Espumante (E)</b>
1	1	100	125	25	0.25
		100	130	30	0.30
	2	100	145	45	0.45
		100	145	45	0.45
	3	100	140	40	0.40
		100	140	40	0.40
	4	100	150	50	0.50
		100	165	65	0.65
	5	100	150	50	0.50
		100	165	65	0.65
2	1	100	140	40	0.40
		100	140	40	0.40
	2	100	175	75	0.75
		100	175	75	0.75
	3	100	175	75	0.75
		100	175	75	0.75
	4	100	170	70	0.70
		100	170	70	0.70
	5	100	170	70	0.70
		100	170	70	0.70
3	1	100	150	50	0.50
		100	150	50	0.50
	2	100	165	65	0.65
		100	165	65	0.65
	3	100	180	80	0.80
		100	180	80	0.80
	4	100	190	90	0.90
		100	190	90	0.90
	5	100	190	90	0.90
		100	195	95	0.95

### ANEXO 5. Diferencia de medias – Capacidad espumante

Lúpulo	Fórmula	Media	N	Desviación estándar
1	1	,2750	2	,03536
	2	,4500	2	,00000
	3	,4000	2	,00000
	4	,5750	2	,10607
	5	,5750	2	,10607
	Total	,4550	10	,13006
2	1	,4000	2	,00000
	2	,6000	2	,00000
	3	,7500	2	,00000
	4	,7000	2	,00000
	5	,7000	2	,00000
	Total	,6300	10	,13166
3	1	,5000	2	,00000
	2	,6500	2	,00000
	3	,8000	2	,00000
	4	,9000	2	,00000
	5	,9250	2	,03536
	Total	,7550	10	,16907
Total	1	,3917	6	,10206
	2	,5667	6	,09309
	3	,6500	6	,19494
	4	,7250	6	,15411
	5	,7333	6	,16633
	Total	,6133	30	,18751

**ANEXO 6. Valores pH de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada**

<b>Lúpulo</b>	<b>Fórmula</b>	<b>pH inicial</b>	<b>pH final</b>
1	1	5.08	4.03
			4.06
	2	5.14	4.12
			4.06
	3	5.15	4.07
			4.14
	4	5.23	4.19
			4.10
	5	5.27	4.23
			4.20
2	1	5.10	4.10
			4.09
	2	5.13	4.12
			4.12
	3	5.15	4.16
			4.12
	4	5.21	4.22
			4.29
	5	5.26	4.28
			4.30
3	1	4.99	4.07
			4.07
	2	5.16	4.06
			4.08
	3	5.20	4.15
			4.15
	4	5.28	4.21
			4.37
	5	5.32	4.24
			4.40

### ANEXO 7. Diferencia de medias – pH final

Lúpulo	Fórmula	Media	N	Desviación estándar
1	1	4,0450	2	,02121
	2	4,1000	2	,02828
	3	4,1050	2	,04950
	4	4,1450	2	,06364
	5	4,2150	2	,02121
	Total	4,1220	10	,06663
2	1	4,0950	2	,00707
	2	4,1200	2	,00000
	3	4,1400	2	,02828
	4	4,2550	2	,04950
	5	4,2900	2	,01414
	Total	4,1800	10	,08420
3	1	4,0700	2	,00000
	2	4,0700	2	,01414
	3	4,1500	2	,00000
	4	4,2900	2	,11314
	5	4,3200	2	,11314
	Total	4,1800	10	,12445
Total	1	4,0700	6	,02449
	2	4,0967	6	,02658
	3	4,1317	6	,03312
	4	4,2300	6	,09187
	5	4,2750	6	,07092
	Total	4,1607	30	,09570

**ANEXO 8. Valores Color de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada**

<b>Lúpulo</b>	<b>Fórmula</b>	<b>A430</b>	<b>SRM</b>	<b>EBC</b>
1	1	1.450	18.415	36.250
		1.450	18.415	36.250
	2	1.420	18.034	35.500
		1.420	18.034	35.500
	3	1.350	17.145	33.750
		1.320	16.764	33.000
	4	1.150	14.605	28.750
		1.150	14.605	28.750
	5	0.950	12.065	23.750
		0.950	12.065	23.750
2	1	1.450	18.415	36.250
		1.450	18.415	36.250
	2	1.430	18.161	35.750
		1.430	18.161	35.750
	3	1.340	17.018	33.500
		1.340	17.018	33.500
	4	1.150	14.605	28.750
		1.140	14.478	28.500
	5	0.960	12.192	24.000
		0.960	12.192	24.000
3	1	1.450	18.415	36.250
		1.450	18.415	36.250
	2	1.440	18.288	36.000
		1.440	18.288	36.000
	3	1.340	17.018	33.500
		1.340	17.018	33.500
	4	1.150	14.605	28.750
		1.150	14.605	28.750
	5	0.950	12.065	23.750
		0.950	12.065	23.750

### ANEXO 9. Diferencia de medias – Color

Lúpulo	Fórmula	Media	N	Desviación estándar
1	1	36,2500	2	,00000
	2	35,5000	2	,00000
	3	33,3750	2	,53033
	4	28,7500	2	,00000
	5	23,7500	2	,00000
	Total	31,5250	10	4,94055
2	1	36,2500	2	,00000
	2	35,7500	2	,00000
	3	33,5000	2	,00000
	4	28,6250	2	,17678
	5	24,2500	2	,35355
	Total	31,6750	10	4,83915
3	1	36,1250	2	,17678
	2	36,1250	2	,17678
	3	33,0000	2	,70711
	4	28,7500	2	,00000
	5	24,1250	2	,53033
	Total	31,6250	10	4,88372
Total	1	36,2083	6	,10206
	2	35,7917	6	,29226
	3	33,2917	6	,45871
	4	28,7083	6	,10206
	5	24,0417	6	,36799
	Total	31,6083	30	4,71685

**ANEXO 10. Valores Carbonatación (Volumen CO<sub>2</sub>) de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada**

Lúpulo	Fórmula	Temperatura de fermentación	Azucar agregada (gr/lt)	Vol. CO <sub>2</sub> agregado	Vol. CO <sub>2</sub> aproximado	Lectura (PSI)	Lectura (kg/cm2)	Vol. CO <sub>2</sub> Real
1	1	22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	2	22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	3	22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
		22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
	4	22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
		22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
	5	22	5.00	1.25	2.04	24	1.69	2.23
		22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
2	1	22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	2	22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	3	22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
		22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
	4	22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
		22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
	5	22	5.00	1.25	2.04	23	1.62	2.17
		22	5.00	1.25	2.04	23	1.62	2.17



3	1	22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	2	22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	3	22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
		22	5.00	1.25	2.04	21	1.48	2.05
	4	22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
		22	5.00	1.25	2.04	22	1.55	2.11
	5	22	5.00	1.25	2.04	23	1.62	2.17
		22	5.00	1.25	2.04	23	1.62	2.17

### ANEXO 11. Diferencia de medias – Volúmenes de CO<sub>2</sub>

Lúpulo	Fórmula	Media	N	Desviación estándar
1	1	2,0500	2	,00000
	2	2,0500	2	,00000
	3	2,1100	2	,00000
	4	2,1100	2	,00000
	5	2,1700	2	,08485
	Total	2,0980	10	,05514
2	1	2,0500	2	,00000
	2	2,0500	2	,00000
	3	2,1100	2	,00000
	4	2,1100	2	,00000
	5	2,1700	2	,00000
	Total	2,0980	10	,04733
3	1	2,0500	2	,00000
	2	2,0500	2	,00000
	3	2,0800	2	,04243
	4	2,1100	2	,00000
	5	2,1700	2	,00000
	Total	2,0920	10	,04940
Total	1	2,0500	6	,00000
	2	2,0500	6	,00000
	3	2,1000	6	,02449
	4	2,1100	6	,00000
	5	2,1700	6	,03795
	Total	2,0960	30	,04903

**ANEXO 12. Valores Amargor de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada**

<b>Lúpulo</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Densidad después del hervor</b>	<b>Litros después del hervor</b>	<b>Cantidad Lúpulo Total (g)</b>	<b>Tiempo de Hervor (minutos)</b>	<b>Tipo Lúpulo</b>	<b>%AA</b>	<b>Gramos de Lúpulo</b>	<b>% Utilización</b>	<b>IBUS</b>	<b>IBUS Total</b>
1	1	1.0370	13	11.87	30	Cascade	7	5.94	24	7.7	14.54
					35	Cascade	7	2.97	24	3.8	
					25	Cascade	7	2.97	19	3.0	
	2	1.0390	13	11.93	30	Cascade	7	5.97	24	7.7	14.61
					35	Cascade	7	2.98	24	3.9	
					25	Cascade	7	2.98	19	3.1	
	3	1.0390	13	12	30	Cascade	7	6.00	24	7.8	14.70
					35	Cascade	7	3.00	24	3.9	
					25	Cascade	7	3.00	19	3.1	
	4	1.0430	13	12.07	30	Cascade	7	6.04	24	7.8	14.79
					35	Cascade	7	3.02	24	3.9	
					25	Cascade	7	3.02	19	3.1	
	5	1.0450	13	12.13	30	Cascade	7	6.07	24	7.8	14.86
					35	Cascade	7	3.03	24	3.9	
					25	Cascade	7	3.03	19	3.1	
2	1	1.0360	13	14.83	30	Cascade	7	7.415	24	9.6	18.2
					35	Cascade	7	3.708	24	4.8	
					25	Cascade	7	3.708	19	3.8	

	2	1.0380	13	14.92	30	Cascade	7	7.460	24	9.6	18.3
					35	Cascade	7	3.730	24	4.8	
					25	Cascade	7	3.730	19	3.8	
	3	1.0400	13	15.00	30	Cascade	7	7.500	24	9.7	18.4
					35	Cascade	7	3.750	24	4.8	
					25	Cascade	7	3.750	19	3.8	
	4	1.0420	13	15.08	30	Cascade	7	7.540	24	9.7	18.5
					35	Cascade	7	3.770	24	4.9	
					25	Cascade	7	3.770	19	3.9	
	5	1.0430	13	15.17	30	Cascade	7	7.585	24	9.8	18.6
					35	Cascade	7	3.793	24	4.9	
					25	Cascade	7	3.793	19	3.9	
3	1	1.0320	13	17.80	30	Cascade	7	8.900	24	11.5	21.81
					35	Cascade	7	4.450	24	5.8	
					25	Cascade	7	4.450	19	4.6	
	2	1.0350	13	17.90	30	Cascade	7	8.950	24	11.6	21.93
					35	Cascade	7	4.475	24	5.8	
					25	Cascade	7	4.475	19	4.6	
	3	1.0370	13	18.00	30	Cascade	7	9.000	24	11.6	22.05
					35	Cascade	7	4.500	24	5.8	
					25	Cascade	7	4.500	19	4.6	
	4	1.0420	13	18.10	30	Cascade	7	9.050	24	11.7	22.17
					35	Cascade	7	4.525	24	5.8	
					25	Cascade	7	4.525	19	4.6	
	5	1.0480	13	18.20	30	Cascade	7	9.100	24	11.8	22.30
					35	Cascade	7	4.550	24	5.9	
					25	Cascade	7	4.550	19	4.7	

**ANEXO 13. Valores Grado Alcohólico de cerveza artesanal tipo ale de vaina de  
algarroba y cebada malteada**

<b>Lúpulo</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Densidad Original (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad Final (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>%Alcohol (peso)</b>	<b>% Alcohol (volumen)</b>
1	1	1.037	1.012	3.16	3.27
	2	1.039	1.015	3.03	3.14
	3	1.041	1.012	3.67	3.80
	4	1.043	1.013	3.79	3.93
	5	1.045	1.010	4.42	4.58
2	1	1.036	1.011	3.16	3.28
	2	1.038	1.012	3.29	3.41
	3	1.040	1.010	3.79	3.93
	4	1.042	1.010	4.05	4.19
	5	1.043	1.010	4.17	4.32
3	1	1.036	1.012	3.03	3.14
	2	1.035	1.010	3.16	3.27
	3	1.037	1.010	3.41	3.54
	4	1.042	1.010	4.05	4.19
	5	1.048	1.012	4.55	4.72

**ANEXO 14. Valores Densidad (inicial/final) y Atenuación aparente de cerveza artesanal tipo ale de vaina de algarroba y cebada malteada**

<b>Lúpulo</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Densidad Original</b>	<b>Densidad Final</b>	<b>Extracto Original (°P)</b>	<b>Extracto Aparente (°P)</b>	<b>Extracto Real (°P)</b>	<b>Densidad Final Real</b>	<b>Atenuación aparente</b>
1	1	1.0370	1.0120	9.24	3.07	4.19	1.016	68%
	2	1.0390	1.0150	9.72	3.83	4.89	1.019	62%
	3	1.0390	1.0120	9.72	3.07	4.27	1.017	69%
	4	1.0430	1.0120	10.68	3.07	4.45	1.017	72%
	5	1.0450	1.0100	11.15	2.56	4.12	1.016	78%
2	1	1.0360	1.0110	9.00	2.82	3.94	1.015	69%
	2	1.0380	1.0120	9.48	3.07	4.23	1.017	68%
	3	1.0400	1.0100	9.96	2.56	3.90	1.015	75%
	4	1.0420	1.0100	10.44	2.56	3.99	1.016	76%
	5	1.0430	1.0100	10.68	2.56	4.03	1.016	77%
3	1	1.0320	1.0120	8.03	3.07	3.97	1.016	63%
	2	1.0350	1.0100	8.76	2.56	3.68	1.014	71%
	3	1.0370	1.0100	9.24	2.56	3.77	1.015	73%
	4	1.0420	1.0100	10.44	2.56	3.99	1.016	76%
	5	1.0480	1.0120	11.86	3.07	4.66	1.018	75%

## ANEXO 15. Resultado análisis sensorial

Tabla a. Resultados de análisis sensorial - Lúpulo 1

Juez	Fórmula	GRUPO 1					GRUPO 2				
		Apariencia	Olor	Sabor	Impresión Final	Puntaje Final	Apariencia	Olor	Sabor	Impresión Final	Puntaje Final
1	1	2	3	1	2	8	5	1	3	1	10
	2	2	3	2	2	9	1	4	5	3	13
	3	3	2	2	1	8	3	3	1	2	9
	4	3	3	3	2	11	2	5	4	4	15
	5	3	3	2	2	10	4	2	2	5	13
2	1	4	4	4	4	16	3	3	3	3	12
	2	4	3	4	4	15	3	3	2	3	11
	3	3	3	4	4	14	4	3	2	3	12
	4	4	4	3	5	16	4	4	2	3	13
	5	4	5	4	4	17	5	3	2	3	13
3	1	3	4	4	4	15	4	3	2	4	13
	2	4	4	4	4	16	2	3	3	3	11
	3	4	4	4	5	17	4	4	5	2	15
	4	4	4	5	4	17	3	4	3	4	14
	5	4	3	4	4	15	4	3	4	3	14
4	1	2	4	3	4	13	4	4	2	4	14
	2	4	3	4	4	15	5	2	1	2	10
	3	4	4	3	3	14	4	2	4	3	13
	4	4	4	4	4	16	4	4	5	5	18
	5	4	5	5	5	19	3	1	4	4	12
5	1	4	3	4	4	15	1	2	1	2	6
	2	1	1	2	2	6	2	1	3	1	7
	3	2	4	3	2	11	4	3	4	4	15
	4	4	1	2	3	10	3	4	2	3	12
	5	3	3	2	3	11	5	5	5	5	20
6	1	4	3	4	3	14	2	5	2	1	10
	2	5	5	5	4	19	3	5	3	3	14
	3	4	3	2	3	12	3	3	2	2	10
	4	5	4	4	4	17	3	5	2	2	12
	5	5	5	4	5	19	4	3	4	4	15
7	1	3	1	1	1	6	3	3	3	3	12
	2	3	3	1	2	9	4	4	3	4	15
	3	4	2	2	2	10	2	5	2	4	13

	4	4	4	3	4	15	3	2	4	2	11
	5	2	2	1	1	6	5	5	3	5	18
8	1	4	5	5	5	19	4	4	2	3	13
	2	2	3	2	3	10	4	4	3	3	14
	3	3	1	1	1	6	4	4	3	3	14
	4	5	3	5	5	18	4	4	4	4	16
	5	3	1	2	3	9	4	4	4	4	16
9	1	4	4	2	3	13	3	2	4	3	12
	2	4	3	2	3	12	3	3	4	3	13
	3	4	4	2	3	13	3	3	2	3	11
	4	3	2	1	1	7	3	4	3	4	14
	5	4	3	2	3	12	4	4	4	4	16
10	1	3	2	5	2	12	2	2	2	2	8
	2	4	4	3	5	16	3	3	2	3	11
	3	2	3	4	2	11	3	3	2	2	10
	4	5	5	2	4	16	3	3	3	3	12
	5	1	1	1	1	4	4	4	4	4	16
11	1	2	3	2	2	9	2	3	2	2	9
	2	2	2	1	1	6	2	2	1	4	9
	3	1	1	1	1	4	2	4	1	2	9
	4	3	2	4	4	13	2	4	2	4	12
	5	2	4	1	1	8	2	4	4	4	14
12	1	2	3	4	2	11	1	4	2	2	9
	2	3	3	2	2	10	5	1	1	1	8
	3	2	3	1	1	7	3	2	3	4	12
	4	4	4	3	3	14	2	3	5	5	15
	5	5	4	5	3	17	4	5	4	3	16
13	1	3	2	2	2	9	3	4	1	3	11
	2	4	3	4	4	15	3	2	2	3	10
	3	3	2	2	2	9	4	2	2	3	11
	4	4	4	4	4	16	4	3	4	4	15
	5	4	5	3	4	16	5	4	3	4	16
14	1	1	4	1	1	7	5	2	1	1	9
	2	3	5	3	3	14	3	1	3	3	10
	3	2	1	2	2	7	1	3	4	4	12
	4	4	2	5	4	15	4	4	3	2	13
	5	5	3	4	5	17	3	3	5	5	16
15	1	3	4	2	3	12	2	2	2	2	8
	2	3	3	2	3	11	3	2	3	3	11
	3	3	2	2	2	9	3	3	1	2	9
	4	4	4	3	4	15	4	3	2	4	13



	5	3	4	3	3	13	2	5	5	3	15
16	1	3	4	2	3	12	2	2	2	2	8
	2	3	5	2	4	14	3	2	3	3	11
	3	4	3	2	3	12	3	4	2	3	12
	4	2	3	4	4	13	2	2	4	3	11
	5	3	3	1	4	11	2	4	4	5	15
17	1	3	4	1	2	10	2	3	4	4	13
	2	4	3	4	3	14	2	4	4	4	14
	3	4	4	2	2	12	4	3	3	2	12
	4	4	3	5	4	16	4	4	2	3	13
	5	4	4	4	4	16	4	4	5	3	16
18	1	1	3	3	5	12	3	3	3	3	12
	2	2	2	2	2	8	3	3	3	3	12
	3	3	3	1	2	9	3	3	2	3	11
	4	4	4	4	4	16	3	3	3	2	11
	5	5	4	4	5	18	3	4	3	3	13
19	1	3	3	2	4	12	2	3	4	1	10
	2	2	2	1	2	7	3	2	3	2	10
	3	2	3	1	2	8	4	3	4	3	14
	4	4	4	4	5	17	3	3	4	4	14
	5	5	4	5	5	19	3	4	4	5	16
20	1	2	3	1	3	9	3	2	1	1	7
	2	4	4	1	3	12	3	1	1	1	6
	3	3	4	2	3	12	2	2	3	1	8
	4	4	4	1	3	12	2	4	4	3	13
	5	4	3	1	4	12	4	5	5	5	19

Tabla b. Resultados de análisis sensorial - Lúpulo 2

Juez	Fórmula	GRUPO 1					GRUPO 2				
		Apariencia	Olor	Sabor	Impresión Final	Puntaje Final	Apariencia	Olor	Sabor	Impresión Final	Puntaje Final
1	1	4	5	4	4	17	3	4	3	2	12
	2	2	3	3	3	11	3	2	2	3	10
	3	3	5	2	2	12	3	1	1	1	6
	4	3	5	4	4	16	3	2	2	4	11
	5	3	3	3	3	12	4	3	4	2	13
2	1	4	4	2	2	12	3	4	3	3	13

	2	3	5	1	1	10	3	3	3	3	12
	3	4	4	1	2	11	3	3	3	3	12
	4	2	3	2	3	10	4	3	3	3	13
	5	2	4	2	2	10	4	4	4	4	16
3	1	3	4	3	3	13	4	4	4	4	16
	2	4	4	4	4	16	5	3	4	4	16
	3	4	5	5	5	19	3	3	3	3	12
	4	4	3	5	4	16	3	3	3	3	12
	5	4	4	4	4	16	5	5	5	5	20
4	1	3	4	2	3	12	3	3	2	4	12
	2	3	5	2	3	13	3	4	3	4	14
	3	3	3	1	2	9	4	5	3	4	16
	4	3	3	3	2	11	4	4	4	5	17
	5	3	4	4	4	15	5	5	5	5	20
5	1	4	4	3	3	14	4	4	2	3	13
	2	5	4	2	3	14	4	4	2	2	12
	3	4	4	4	4	16	4	4	2	2	12
	4	3	3	4	3	13	5	3	2	1	11
	5	3	3	4	5	15	5	3	3	3	14
6	1	4	4	3	4	15	3	3	3	4	13
	2	5	4	3	4	16	2	5	1	2	10
	3	5	4	5	4	18	3	3	2	2	10
	4	4	4	4	4	16	4	5	3	3	15
	5	3	3	3	4	13	5	5	4	3	17
7	1	4	4	2	4	14	3	3	2	3	11
	2	3	3	2	2	10	4	3	3	3	13
	3	4	3	4	3	14	3	4	3	4	14
	4	3	2	3	4	12	2	2	3	3	10
	5	4	3	4	4	15	5	4	5	3	17
8	1	4	5	3	4	16	2	4	2	3	11
	2	3	5	2	3	13	2	4	2	3	11
	3	3	4	2	3	12	3	3	3	3	12
	4	4	3	2	2	11	4	4	4	4	16
	5	5	2	3	4	14	4	4	4	4	16
9	1	3	3	2	2	10	2	2	3	2	9
	2	5	3	4	3	15	4	4	5	4	17
	3	3	2	2	2	9	3	3	3	2	11
	4	4	4	4	3	15	3	3	3	3	12
	5	3	4	5	3	15	4	4	4	4	16
10	1	3	4	2	1	10	3	4	2	2	11
	2	4	2	4	4	14	4	4	2	2	12

	3	4	3	4	4	15	4	4	2	3	13
	4	4	4	4	5	17	4	4	2	3	13
	5	3	2	2	2	9	4	5	3	4	16
11	1	4	4	4	4	16	3	3	1	2	9
	2	3	4	4	4	15	3	3	2	2	10
	3	5	4	4	5	18	3	3	2	2	10
	4	5	4	4	5	18	4	4	3	3	14
	5	5	5	5	5	20	5	5	4	4	18
12	1	4	4	3	4	15	3	4	2	2	11
	2	3	2	2	3	10	3	4	3	3	13
	3	4	3	3	3	13	4	4	2	3	13
	4	4	3	4	3	14	4	4	3	3	14
	5	5	3	3	4	15	5	4	4	4	17
13	1	4	4	2	3	13	3	4	3	2	12
	2	4	4	2	2	12	3	2	2	3	10
	3	4	4	2	2	12	3	1	1	1	6
	4	5	3	2	1	11	3	2	2	4	11
	5	5	3	3	3	14	4	3	4	2	13
14	1	3	3	3	4	13	3	4	3	3	13
	2	2	5	1	2	10	3	3	3	3	12
	3	3	3	2	2	10	3	3	3	3	12
	4	4	5	3	3	15	4	3	3	3	13
	5	5	5	4	3	17	4	4	4	4	16
15	1	3	3	2	3	11	4	4	4	4	16
	2	4	3	3	3	13	5	3	4	4	16
	3	3	4	3	4	14	3	3	3	3	12
	4	2	2	3	3	10	3	3	3	3	12
	5	5	4	5	3	17	5	5	5	5	20
16	1	2	4	2	3	11	3	3	2	4	12
	2	2	4	2	3	11	3	4	3	4	14
	3	3	3	3	3	12	4	5	3	4	16
	4	4	4	4	4	16	4	4	4	5	17
	5	4	4	4	4	16	5	5	5	5	20
17	1	2	2	3	2	9	4	4	2	3	13
	2	4	4	5	4	17	4	4	2	2	12
	3	3	3	3	2	11	4	4	2	2	12
	4	3	3	3	3	12	5	3	2	1	11
	5	4	4	4	4	16	5	3	3	3	14
18	1	3	4	2	2	11	3	3	3	4	13
	2	4	4	2	2	12	2	5	1	2	10
	3	4	4	2	3	13	3	3	2	2	10

	4	4	4	2	3	13	4	5	3	3	15
	5	4	5	3	4	16	5	5	4	3	17
19	1	3	3	1	2	9	3	3	2	3	11
	2	3	3	2	2	10	4	3	3	3	13
	3	3	3	2	2	10	3	4	3	4	14
	4	4	4	3	3	14	2	2	3	3	10
	5	5	5	4	4	18	5	4	5	3	17
20	1	3	4	2	2	11	2	4	2	3	11
	2	3	4	3	3	13	2	4	2	3	11
	3	4	4	2	3	13	3	3	3	3	12
	4	4	4	3	3	14	4	4	4	4	16
	5	5	4	4	4	17	4	4	4	4	16

Tabla C. Resultados de análisis sensorial - Lúpulo 3

Juez	Fórmula	GRUPO 1					GRUPO 2				
		Apariencia	Olor	Sabor	Impresión Final	Puntaje Final	Apariencia	Olor	Sabor	Impresión Final	Puntaje Final
1	1	3	1	3	4	11	1	3	2	1	7
	2	2	2	2	1	7	2	2	1	2	7
	3	1	3	1	2	7	4	1	4	4	13
	4	4	5	4	5	18	3	5	5	5	18
	5	5	4	3	3	15	5	4	4	3	16
2	1	3	4	3	3	13	3	3	3	3	12
	2	3	3	3	3	12	3	3	3	3	12
	3	4	4	3	4	15	4	4	2	3	13
	4	5	2	4	4	15	4	3	5	5	17
	5	4	2	5	5	16	4	5	5	5	19
3	1	3	2	1	3	9	4	4	3	4	15
	2	2	2	2	2	8	4	4	3	3	14
	3	2	2	2	2	8	4	3	3	3	13
	4	4	4	4	4	16	2	2	2	2	8
	5	5	4	5	5	19	3	4	5	2	14
4	1	4	3	3	3	13	3	4	3	4	14
	2	4	3	3	3	13	4	4	4	4	16
	3	4	3	2	3	12	4	4	4	4	16
	4	4	4	2	3	13	4	4	4	4	16
	5	4	3	5	3	15	5	5	5	5	20

5	1	2	4	4	4	14	3	4	2	2	11
	2	2	4	2	5	13	3	3	2	2	10
	3	2	4	2	4	12	3	3	2	3	11
	4	2	2	4	5	13	2	3	3	3	11
	5	4	4	5	4	17	2	3	4	3	12
6	1	2	1	5	4	12	3	4	3	3	13
	2	3	4	4	3	14	3	4	3	3	13
	3	4	2	1	1	8	4	3	3	3	13
	4	5	5	2	2	14	3	2	4	3	12
	5	1	3	3	5	12	3	2	2	2	9
7	1	3	3	5	3	14	1	2	1	1	5
	2	3	3	3	3	12	1	1	1	1	4
	3	3	2	4	2	11	1	2	1	1	5
	4	2	1	4	2	9	2	1	1	1	5
	5	4	4	4	4	16	3	2	3	2	10
8	1	3	2	2	1	8	4	3	2	3	12
	2	3	3	1	3	10	4	4	2	3	13
	3	4	3	1	3	11	4	5	3	4	16
	4	4	4	3	3	14	4	4	4	4	16
	5	5	5	5	3	18	4	4	5	5	18
9	1	1	1	1	1	4	3	3	2	2	10
	2	2	2	2	2	8	3	3	2	2	10
	3	3	3	3	3	12	3	2	2	2	9
	4	4	4	4	4	16	4	2	4	2	12
	5	5	5	5	5	20	3	2	4	3	12
10	1	4	4	4	4	16	3	4	4	3	14
	2	5	4	5	5	19	4	5	2	2	13
	3	3	4	4	3	14	2	2	1	2	7
	4	4	4	4	4	16	4	3	3	3	13
	5	4	5	5	4	18	3	3	2	2	10
11	1	4	3	2	3	12	4	3	2	3	12
	2	4	4	1	2	11	3	4	1	2	10
	3	3	4	3	3	13	3	3	1	2	9
	4	3	3	3	2	11	4	3	2	3	12
	5	4	3	4	4	15	2	4	2	3	11
12	1	4	4	4	4	16	5	3	2	3	13
	2	4	4	4	4	16	4	2	2	3	11
	3	4	4	4	4	16	4	2	3	2	11
	4	5	5	4	4	18	4	2	1	3	10
	5	5	5	5	5	20	3	1	4	5	13
13	1	4	4	3	3	14	1	3	2	1	7

	2	3	2	4	3	12	2	2	1	2	7
	3	2	2	1	1	6	4	1	4	4	13
	4	3	3	2	3	11	3	5	5	5	18
	5	3	3	5	1	12	5	4	4	3	16
14	1	2	5	1	2	10	3	3	3	3	12
	2	2	2	2	3	9	3	3	3	3	12
	3	4	5	3	4	16	4	4	2	3	13
	4	3	3	4	3	13	4	3	5	5	17
	5	5	2	5	5	17	4	5	5	5	19
15	1	1	4	1	1	7	4	4	3	4	15
	2	2	5	3	3	13	4	4	3	3	14
	3	3	3	4	2	12	4	3	3	3	13
	4	4	2	2	4	12	2	2	2	2	8
	5	5	5	5	5	20	3	4	5	2	14
16	1	4	5	1	2	12	3	4	3	4	14
	2	4	3	1	2	10	4	4	4	4	16
	3	4	3	4	1	12	4	4	4	4	16
	4	5	2	3	4	14	4	4	4	4	16
	5	5	4	5	5	19	5	5	5	5	20
17	1	3	3	2	2	10	3	4	2	2	11
	2	3	3	2	2	10	3	3	2	2	10
	3	3	2	2	2	9	3	3	2	3	11
	4	4	2	4	2	12	2	3	3	3	11
	5	3	2	4	3	12	2	3	4	3	12
18	1	3	4	4	3	14	3	4	3	3	13
	2	4	5	2	2	13	3	4	3	3	13
	3	2	2	1	2	7	4	3	3	3	13
	4	4	3	3	3	13	3	2	4	3	12
	5	3	3	2	2	10	3	2	2	2	9
19	1	4	3	2	3	12	1	2	1	1	5
	2	3	4	1	2	10	1	1	1	1	4
	3	3	3	1	2	9	1	2	1	1	5
	4	4	3	2	3	12	2	1	1	1	5
	5	2	4	2	3	11	3	2	3	2	10
20	1	5	3	2	3	13	4	3	2	3	12
	2	4	2	2	3	11	4	4	2	3	13
	3	4	2	3	2	11	4	5	3	4	16
	4	4	2	1	3	10	4	4	4	4	16
	5	3	1	4	5	13	4	4	5	5	18

### ANEXO 16. Diferencia de medias – Apariencia

Lúpulo	Fórmula	Media	Desviación estándar	N
1	1	2,80	1,043	40
	2	3,08	,997	40
	3	3,08	,888	40
	4	3,50	,847	40
	5	3,68	1,047	40
	Total	3,22	1,010	200
2	1	3,20	,648	40
	2	3,37	,925	40
	3	3,48	,599	40
	4	3,65	,802	40
	5	4,30	,823	40
	Total	3,60	,851	200
3	1	3,02	1,097	40
	2	3,10	,928	40
	3	3,25	,954	40
	4	3,53	,933	40
	5	3,70	1,091	40
	Total	3,32	1,026	200
Total	1	3,01	,957	120
	2	3,18	,953	120
	3	3,27	,837	120
	4	3,56	,858	120
	5	3,89	1,027	120
	Total	3,38	,977	600

### ANEXO 17. Diferencia de medias – Olor

Lúpulo	Fórmula	Media	Desviación estándar	N
1	1	3,08	,971	40
	2	2,90	1,150	40
	3	2,95	,932	40
	4	3,50	,906	40
	5	3,62	1,125	40
	Total	3,21	1,054	200
2	1	3,68	,656	40
	2	3,65	,864	40
	3	3,45	,904	40
	4	3,42	,874	40
	5	3,95	,876	40
	Total	3,63	,852	200
3	1	3,25	,981	40
	2	3,20	1,043	40
	3	2,98	1,025	40
	4	3,03	1,165	40
	5	3,48	1,198	40
	Total	3,19	1,089	200
Total	1	3,33	,911	120
	2	3,25	1,063	120
	3	3,13	,975	120
	4	3,32	1,004	120
	5	3,68	1,085	120
	Total	3,34	1,023	600



### ANEXO 18. Diferencia de medias – Sabor

Lúpulo	Fórmula	Media	Desviación estándar	N
1	1	2,48	1,198	40
	2	2,60	1,150	40
	3	2,37	1,079	40
	4	3,35	1,122	40
	5	3,40	1,317	40
	Total	2,84	1,246	200
2	1	2,50	,751	40
	2	2,63	1,030	40
	3	2,63	,979	40
	4	3,13	,791	40
	5	3,90	,810	40
	Total	2,96	1,014	200
3	1	2,52	1,086	40
	2	2,35	1,051	40
	3	2,50	1,109	40
	4	3,23	1,187	40
	5	4,10	1,105	40
	Total	2,94	1,279	200
Total	1	2,50	1,021	120
	2	2,53	1,077	120
	3	2,50	1,053	120
	4	3,23	1,043	120
	5	3,80	1,127	120
	Total	2,91	1,184	600

### ANEXO 19. Diferencia de medias – Impresión Final

Lúpulo	Fórmula	Media	Desviación estándar	N
1	1	2,65	1,145	40
	2	2,88	,966	40
	3	2,52	,960	40
	4	3,57	,958	40
	5	3,75	1,149	40
	Total	3,08	1,143	200
2	1	2,98	,862	40
	2	2,92	,797	40
	3	2,85	,975	40
	4	3,22	,974	40
	5	3,68	,859	40
	Total	3,13	,937	200
3	1	2,72	1,012	40
	2	2,67	,917	40
	3	2,70	,992	40
	4	3,30	1,091	40
	5	3,65	1,272	40
	Total	3,01	1,125	200
Total	1	2,78	1,014	120
	2	2,82	,895	120
	3	2,69	,977	120
	4	3,37	1,012	120
	5	3,69	1,098	120
	Total	3,07	1,072	600

## ANEXO 20. Diferencia de medias – Puntaje Final

Lúpulo	Fórmula	Media	Desviación estándar	N
1	1	11,00	2,837	40
	2	11,45	3,113	40
	3	10,93	2,702	40
	4	13,92	2,379	40
	5	14,45	3,602	40
	Total	12,35	3,299	200
2	1	12,35	2,107	40
	2	12,57	2,183	40
	3	12,40	2,799	40
	4	13,43	2,319	40
	5	15,82	2,500	40
	Total	13,32	2,712	200
3	1	11,53	3,004	40
	2	11,33	3,116	40
	3	11,42	3,153	40
	4	13,08	3,347	40
	5	14,92	3,598	40
	Total	12,46	3,507	200
Total	1	11,63	2,713	120
	2	11,78	2,870	120
	3	11,58	2,932	120
	4	13,47	2,722	120
	5	15,07	3,297	120
	Total	12,71	3,214	600

## ANEXO 21. Informe de Ensayo



### UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



#### INFORME DE ENSAYO N° 045-2017

Pág. 1 / 1

SOLICITANTE	NINO HERNANDO TÁVARA RAMOS
DOMICILIO LEGAL	Urb. Enrique López Albuja, II etapa, Mz R' Lote 10-Sullana-Piura
PRODUCTO DECLARADO	CERVEZA TIPO ALE
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Tesis: "FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE A PARTIR DE LA VAINA DE ALGARROBA (Prosopis Pallida) Y CEBADA MALTEADA (Hordeum Vulgare)"
CANTIDAD DE MUESTRA	2 muestras x 630 ml c/u
FORMA DE PRESENTACIÓN	Botella de vidrio con tapa
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado a temperatura ambiente.
MUESTREO	Realizado por el solicitante
DOCUMENTO NORMATIVO	No específica
FECHA DE RECEPCIÓN	08-08-2017
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	08-08-2017
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	14-08-2017

N°	PARAMETROS	RESULTADOS
<b>ENSAYOS FISCOQUÍMICOS</b>		
1.	Extracto seco (%)	2.73
2.	Cenizas totales (%)	0.17
3.	Azúcares totales (%)	1.74
4.	Proteína total (%)	0.57
5.	Grasa total (%)	0.25
<b>ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>		
6.	Mohos (UFC/ml)	<3
7.	Levaduras (UFC/ml)	<3
8.	Coliformes totales (NMP/100ml)	<1.8

#### MÉTODO DE ENSAYO:

Humedad	: NMX-V-017-S-1981. BEBIDAS ALCOHÓLICAS. DETERMINACIÓN DE EXTRACTOSECO Y CENIZAS.
Cenizas totales	: NMX-V-017-S-1981. BEBIDAS ALCOHÓLICAS. DETERMINACIÓN DE EXTRACTOSECO Y CENIZAS.
Azúcares totales	: INDUSTRIA AZUCARERA Y ALCOHOLERA - DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES
Proteína total	: NMX-V-029-1972 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS EN AGUAMEL
Grasa total	: Por diferencia
Levaduras	: KMSF MÉTODO 1, PÁG. 166-167, 2DA ED., REIMPRESIÓN 2000
Mohos	: KMSF MÉTODO 1, PÁG. 166-167, 2DA ED., REIMPRESIÓN 2000
Coliformes totales	: KMSF MÉTODO 1, PÁG. 192-193, VOL. 1, 2ª ED., 1983. REIMPRESIÓN 2000

Piura, 14 de agosto del 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
**ING. HUALFES LEYTON MASIAS M.Sc.**  
C.I.R. 72850

CUC IN ALUM. "REMAR MAR ACPAYRO" (Lunas 5,4)

Lab. Miraflores-Chapay Universidad N°N - Chicla - Piura  
Teléfono: (073)-285251. Anexo 1013 - (073)- 285263  
labcontrol@unp.edu.pe  
creacioncientific@unp.edu.pe

**ANEXO 22. Descripción de procedimientos: ensayos físico-químicos**  
**DETERMINACIÓN DE EXTRACTO SECO (SEGÚN NMX-V-017-S-1981.)**

**Equipos, materiales y reactivos usados:**

- Cápsula de porcelana de 50-100 cm.
- Desecador.
- Parrilla con regulador de temperatura.
- Baño maría con control de temperatura.
- Balanza analítica.

**Procedimiento:**

A una temperatura de 293 K (20°C) se toman de 25 a 50 cm<sup>3</sup> de la muestra, se transfieren a la cápsula que se encuentra a masa constante, se evaporan a sequedad en el baño maría se lleva la cápsula a la estufa a una temperatura de 363-368 K (90-95°C) durante 3 horas; se deja enfriar en el desecador y se determina su masa. Aplicamos la siguiente fórmula:

$$RS = \frac{w_o - w_y}{V_m} \times 100$$

En donde:

- R.S. = Cantidad de extracto seco, expresado en g/dm<sup>3</sup>.
- w<sub>o</sub> = Masa de la cápsula más extracto seco, en g
- w<sub>y</sub> = Masa de la cápsula vacía, en g
- V<sub>m</sub> = Volumen de muestra empleada, en cm<sup>3</sup>.

**DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES (SEGÚN NMX-V-017-S-1981.)**

**Equipos, materiales y reactivos usados:**

- Cápsula de porcelana de 50-100 cm.
- Desecador.
- Parrilla con regulador de temperatura.
- Baño maría con control de temperatura.

- Mufla con control de temperatura.
- Balanza analítica.

#### **Procedimiento:**

- La cápsula que contiene el residuo del extracto seco se coloca en la mufla a una temperatura de 798 K (525°C) y se deja hasta obtener cenizas blancas, se saca la cápsula se enfría y se humedecen las cenizas con agua se secan en baño maría, luego en la parrilla y se recalcinan en la mufla a 798 K (525°C) hasta obtener masa constante.

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$C = \frac{w_o + w_1}{v_m} \times 100$$

En donde:

- C = Contenido de cenizas, en g/dm<sup>3</sup>.
- w<sub>o</sub> = Masa de la cápsula más cenizas, en g.
- w<sub>1</sub> = Masa de la cápsula vacía, en g.
- V = Volumen de la muestra empleada, en cm<sup>3</sup>.

### **AZÚCARES TOTALES (SEGÚN NMX-F-496-SCFI-2011)**

#### **Equipos y materiales**

- Balanza con sensibilidad de ± 0,0001 g.
- Balanza con sensibilidad de ± 0,1 g máximo.
- Potenciómetro.
- Papel filtro para soluciones de azúcar;
- Perlas de vidrio (2 mm a 3 mm de diámetro);
- Parrilla eléctrica, o cualquier otra fuente calórica;
- Bureta de 50 mL, graduada en décimas;
- Pipeta graduada de 10 mL;

- Matraces Erlenmeyer de 250 mL;
- Matraz aforado de 1 000 mL;
- Vaso de precipitado de 500 mL;
- Pinzas para matraz
- Embudo sin vástago.

#### **Reactivos usados:**

- Oxalato de sodio anhidro
- Solución A: Sulfato de cobre: Pesar 69,28 g de sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), ponerlos en un matraz aforado de 1 000 mL, agregar agua hasta la mitad agitando hasta disolver los cristales. Aforar con agua y mezclar.
- Solución B: Alcalina de tartrato de sodio y potasio: a) Pesar 346 g de cristales de tartrato de sodio y potasio ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 34\text{H}_2\text{O}$ ) en un vaso de precipitados previamente tarado, añadir 350 mL de agua, agitar hasta disolución total. b) Pesar 100 g de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) en otro vaso de precipitados previamente tarado, añadir poco a poco 250 mL de agua, agitar hasta disolución total. c) Transferir las dos soluciones a un matraz aforado de 1000 mL, utilizando agua para lavar los dos vasos e incorporar los lavados al matraz. Mezclar las soluciones y enfriarlas a temperatura ambiente. d) Aforar con agua y mezclar.
- Solución indicadora de azul de metileno: Pesar 1 g de indicador de azul de metileno, poner en un matraz aforado de 100 mL, agregar agua hasta la mitad del volumen, disolver el indicador, aforar con agua y mezclar.
- Dextrosa
- Solución de hidróxido de sodio al 50 %

#### **Procedimiento:**

- Pesar y transferir 10 g de muestra diluida (1:1), en un matraz aforado de 1 000 ml y agregar aproximadamente 300 ml de agua. Para el caso de los materiales azucarados:
- En muestras de jugos: tomar 25 g y llevarlos a 100 ml.

- En muestras de meladura, mieles, licores y masas cocidas y semilla: tomar 10 g de la doble dilución y llevarlos a 1 000 ml.
- En muestras de azúcares pesar 26 g de muestra y colocar en un matraz aforado de 200 ml.
- Agregar 10 ml de ácido clorhídrico con densidad relativa de 1,1029, (24,85 °Brix a 20 °C). Calentar el baño de agua a 70 °C; colocar el matraz con un termómetro dentro, agitar constantemente hasta que el contenido llegue a 65 °C, retirar y dejar reposar cuando menos 30 minutos para asegurar la inversión completa de la muestra.
- Retirar y lavar el termómetro de modo que el agua de lavado caiga dentro del matraz. Transferir a un vaso de precipitado de 500 ml; neutralizar con la solución de hidróxido de sodio a un pH de 7,5 a 8,0, utilizando para ello un potenciómetro.
- Transferir toda la solución al matraz aforado de 1,000 ml, enfriar, aforar y homogeneizar.
- Medir y transferir 5 ml de Solución A y 5 ml de solución B a un matraz Erlenmeyer de 250 ml, agregar de 15 ml a 20 ml de agua destilada y titular con la solución preparada.

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Reductores Totales} = \frac{(FF)(100)}{(T)(C)} \times ND$$

En donde:

- FF es el factor de valoración de la solución de Fehling (mg/ml).
- T son los mL de solución empleada en la titulación.
- C son los gramos de muestra/aforo (g/mL)
- ND es el número de diluciones



## **PROTEÍNA TOTAL (SEGÚN NMX-V-029-1972.)**

### **Equipos y materiales**

- Balanza analítica con precisión de 0.0001 g.
- Matraz Kjeldahl de 500 ml.
- Trampa Kjeldahl.
- Condensador de reflujo.
- Matraz Erlenmeyer graduado.
- Matraz volumétrico de 500 ml.
- Bureta graduada de 50 ml.
- Embudo de cola larga de 6 cm de diámetro.

### **Reactivos**

- Sulfato de Potasio (libre de N).
- Ácido Sulfúrico concentrado (de 1.84).
- Solución de Hidróxido de Sodio al 50%.
- Solución de Hidróxido de Sodio 0.1 N (libre de carbonatos).
- Solución de ácido Clorhídrico 0.1 N (Libre de Nitrógeno).
- Solución de Cobre o Selenio.
- Perlas de vidrio o pedacería de Zinc.

### **Procedimiento**

- Se colocan 100 ml de cerveza exactamente medidos en el matraz de Kjendahl y evaporar casi a sequedad, añadir 10 g de sulfato de Potasio y 20 ml de ácido sulfúrico que bañe por las paredes del recipiente, agregar de 0.5 g de sulfato de Cobre o de Selenio agitar con cuidado mezclando perfectamente.

- Colocar el matraz con el embudo en posición inclinada, en la estufa con digestor bajo una campana, calentar lentamente durante 20 a 30 minutos, elevar la temperatura poco a poco hasta que la espuma desaparezca y empieza la ebullición, continúe el calentamiento hasta que haya una total decoloración y la solución tenga un color verde tenue. Enfríe teniendo la seguridad de que la oxidación ha sido completa.
- Agregar 200 ml de agua y 50 ml de hidróxido de Sodio al 50%, quedando así una solución fuertemente alcalina.
- Se agrega pedacería de zinc o perlas de vidrio, para evitar el borboteo durante la ebullición.
- Se conecta el matraz con la trampa y condensador, poniendo en la terminal de éste un matraz que contenga de 50 a 100 ml de ácido Clorhídrico 0.1 N con tres gotas de Rojo de Metilo, donde se recoge el Amoniaco que se desprende de la muestra.
- El calentamiento se continúa hasta que hayan pasado las dos terceras partes de la solución.
- La punta del condensador debe llegar debajo de la superficie de la solución del ácido Clorhídrico para prevenir el escape de Amoniaco. El contenido del matraz receptor se titula con solución 0.1 N de hidróxido de Sodio.

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{(v_1 - v_2) \times 1.4 \times 6.25}{D \times 1000}$$

En donde:

- $V_1$  = ml de Hidróxido de Sodio 0.1 N gastados en la prueba en blanco.
- $V_2$  = ml de Hidróxido de Sodio 0.1 N gastados en la prueba problema.
- 1.4 = equivalente del nitrógeno.
- 6.25 = Factor de las proteínas.
- D = Densidad a 20 5°C.

### **GRASA TOTAL**

Fue hallado por diferencia.

## ANEXO 23. METODOLOGÍA

### TRITURADO



Cebada malteada triturada



Vaina de Algarroba triturada

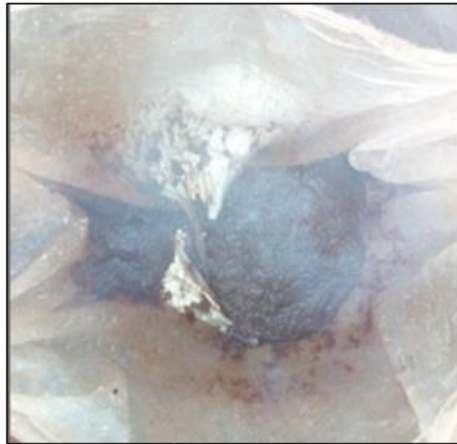
### MACERADO



### COCCION Y ADICIÓN DE LÚPULO



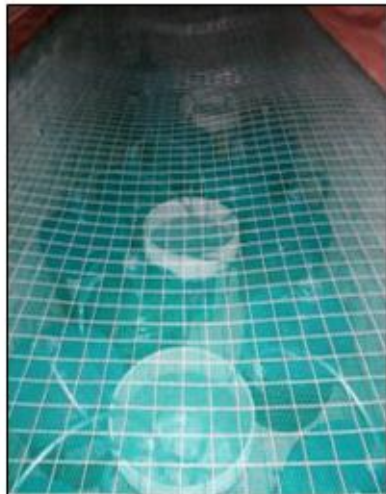
**FILTRADO Y SEPARACIÓN DEL LÚPULO**



**INOCULACIÓN Y ACTIVACIÓN DE LEVADURA**



**PRIMERA Y SEGUNDA FERMENTACIÓN**



## ANEXO 24. COLOR DE LAS FORMULACIONES



**CERVEZA 100%  
ALGARROBA**



**FORMULACIÓN 1  
80% Algarroba – 20 % Cebada**



**FORMULACIÓN 4**

**50% Algarroba – 50 % Cebada**



**FORMULACIÓN 5**

**40% Algarroba – 60 % Cebada**



## ANEXO 25. DEGUSTACIÓN



